مركز دراسات الوحدة العربية

سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٦)

علم المناظر وعلم انعكاس الضوء

(أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي)

الدكتور رشدي راشد

مركز دراسات الوحدة العربية

سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٦)

علم المناظر وعلم انعكاس الضوء

(أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي)

الدكتور رشدي راشد

ترجمة : نزيه المرعبي(*)

مراجعة : بدوي المبسوط
نقولا فارس(*)

(*) «فريق الدراسة والبحث في التراث العلمي العربي» (الملحق بالمجلس الوطني للبحوث العلمية، لبنان) - برنامج CEDRE.

علم المناظر
وعلم انعكاس الضوء

(أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي)

الفهرسة أثناء النشر - إعداد مركز دراسات الوحدة العربية
راشد، رشدي
علم المناظر وعلم انعكاس الضوء (أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي/ رشدي راشد؛ ترجمة نزيه المرعبي؛ مراجعة بدوي المبسوط ونقولا فارس.
٥٩٤ ص. - (سلسلة تاريخ العلوم عند العرب؛ ٦)
ببليوغرافية: ص ٥٨١ - ٥٩٠.
يشتمل على فهرس.
ISBN 9953-431-86-8
١. الكندي، أبو يوسف يعقوب بن اسحق. ٢. البصريات. ٣. الضوء. ٤. الفيزياء. أ. المرعبي، نزيه (مترجم). ب. المبسوط، بدوي (مراجع). ج. فارس، نقولا (مراجع). د. العنوان. هـ. السلسلة.
535.2

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة
عن اتجاهات يتبناها مركز دراسات الوحدة العربية»

عنوان الكتاب بالفرنسية
L'Optique et la catoptrique d'al-Kindī
(Leiden, E.J. Brill, 1997)

مركز دراسات الوحدة العربية
بناية «سادات تاور» شارع ليون ص.ب: ٦٠٠١ - ١١٣
الحمراء - بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ - لبنان
تلفون: ٨٦٩١٦٤ - ٨٠١٥٨٢ - ٨٠١٥٨٧
برقياً: «مرعربي» - بيروت
فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)
e-mail: info@caus.org.lb
Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى
بيروت، تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠٠٣

المحتويـــات

القســم الأول

القســم الثانــي
نصــوص وترجمــات

حول الترجمة العربية لهذا الكتاب

إن هذا الكتاب الذي أصدره الدكتور رشدي راشد باللغة الفرنسية منذ ست سنوات يتضمن دراسة مهمة ومستفيضة عن مؤلفات أبي يوسف يعقوب الكندي في علم المناظر وعلم انعكاس الضوء. ولقد كانت مؤلفات الكندي في هذين الميدانين مفقودة في أصلها العربي ولم يبق من آثارها سوى كتاب *(De Aspectibus)* الذي نقل من العربية إلى اللاتينية في العصر الوسيط، وهو ترجمة لكتاب **اختلاف المناظر** الذي ما زال مفقوداً حتى اليوم. ولقد اكتشف الدكتور رشدي راشد عدة مخطوطات عربية لمؤلفات الكندي هذه؛ منها كتاب **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر**، وكتاب **في الشعاعات الشمسية**، وفقرة في **عظم الأشكال الغائصة في الماء**. ولقد حقق الدكتور رشدي راشد، الكتابين الأول والثاني ضمن كتابه، كما ضمنه فقرة في أعظام الأشكال الغائصة في الماء. كما اكتشف عدة مخطوطات لمؤلفات ابن عيسى وأثبت أنها تتضمن آثار كتب أخرى للكندي هي **في عمل المرايا المحرقة**، **وفي اختلاف مناظر المرآة**. وقد ضم إلى كتابه هذا تحقيقاً لقسم من مخطوطة ابن عيسى كتاب **المناظر والمرايا المحرقة**. كما نجد في هذا الكتاب تحقيقاً لكتاب قسطا بن لوقا، وهو أحد معاصري ومساعدي الكِندي، **في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر**.

وهكذا سيجد القارىء في هذا الكتاب أهم ما كُتب في علم المناظر وعلم انعكاس الضوء إبّان القرن التاسع الميلادي مُحققاً ومشروحاً ومؤرخاً. وسيرى القارىء بوضوح كل ما قام به الكندي ومعاصروه، من أمثال قسطا بن لوقا، لإقامة صرح هذين العلمين، ابتداءً مما نقل إلى العربية من المصادر اليونانية، وخاصة كتاب «**علم المناظر**» لأقليدس. وسيرى القارىء كذلك أن

هذه الترجمة من اليونانية كانت من أجل البحث العلمي ولخدمته. فالكِندي على سبيل المثال سينقح ويُصحح ما نقل إلى العربية من هذه الكتابات اليونانية.

وهكذا كان من الواجب وضع هذه الدراسة الموسوعية في متناول القراء والباحثين العرب في تاريخ العلوم وتاريخ الفكر الفلسفي، وكذلك في متناول المهتمين بتاريخ التراث العربي عامةً.

ولقد رأينا أن تتضمن هذه الترجمة ما يحتويه الكتاب *(De Aspectibus)* المترجم بكامله بما فيه الترجمة اللاتينية لكتاب الكِندي في **اختلاف المناظر** الذي لم يُعثر بعد على أصلها العربي. ولقد وضعناها ضمن هذا الكتاب مع الحواشي والتعليقات الخاصة بالمخطوطات اللاتينية التي اعتُمدت في تحقيقها. وهذا ما يسمح للقارىء الذي يُتقن اللاتينية بالرجوع إلى النص اللاتيني عندما تدعو الحاجة. ولقد وُضعت الترجمة العربية لهذا النص اللاتيني استناداً إلى الترجمة الفرنسية لا إلى النص اللاتيني الأصلي. ولقد حرصنا على أن نستخدم في الترجمة العربية لهذا النص اللاتيني المفردات الخاصة التي أخذ بها الكِندي في مؤلفاته.

ولقد استخدمنا المصطلحات العلمية العربية التي كانت متداولة لدى الباحثين الناطقين بالعربية في القرن التاسع الميلادي. نذكر منها على سبيل المثال تعبير علم المناظر الوارد في اسم هذا الكتاب، أي علم البصريات. كما نذكر مصطلح الناظر، أي البؤبؤ، وتعبير الشعاع البصري أي الشعاع الخارج من البصر والذي يحصل بواسطته الإدراك وفق النظرية الإقليدية التي كانت مقبولة في ذلك العصر والتي أظهر بطلانها الحسن بن الهيثم بعد قرنين من الزمان.

أما أسماء النقاط في الأشكال الواردة في كتابنا هذا، فإنها ترد غالباً بالأحرف اللاتينية؛ ولقد وضعنا جدولاً بالأحرف العربية المقابلة لها.

ولقد قام بترجمة هذا الكتاب نزيه عبد القادر المرعبي وساعده في ذلك وراجع الترجمة نقولا فارس وبدوي المبسوط. ونحن نشكر المؤلف الأستاذ رشدي راشد الذي لم يرد الإشتراك بالترجمة وترك لنا حرية التصرف.

وأخيراً نرجو أن يكون هذا الكتاب حلقة في سلسلة من الكتب في تاريخ العلوم من الواجب وضعها في متناول القراء والباحثين العرب، كخطوة أولى على المسار الطويل الذي يُوجهنا نحو نهضة علمية حقيقية.

نزيه عبد القادر المرعبي، نقولا فارس وبدوي المبسوط

تمهيد

لم يكن أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي «فيلسوف العرب الأول» فحسب، كما جرت العادة على وصفه، بل كان أيضاً أحد العلماء الموسوعيّين الأوائل. فهو عالم فلك ورياضي وخيميائي وجيولوجي. . . ، كما أنه مؤلف لِعمـلٍ مهم في علم المناظر هو الأغنى مادة منذ العصور القديمة المتأخِّرة. إن عمل الكندي في علم المناظر ذو وجهين، فهو يتتبع أعمال علماء الهندسة اليونانيين، إلا أنه يباشر انطلاقات جديدة في نقاط عديدة وبطريقته الخاصة. يعبر الكندي بذلك عن عصره، فقد ولد في الكوفة في العراق في أواخر القرن الثامن، وتلقى علومه ومارس نشاطه العلمي في بغداد وتوفي حوالى سنة ٨٦٦ م[(١)].

في هذا العصر بالتحديد انتشرت بشكل واسع حركة الترجمة الضخمة للإرث الهلّينستي، وظهرت أولى الأبحاث العلمية. وقد كان الكندي حاضراً على هاتين الجبهتين، إذ شارك مع فريقه في هذه المهمة المزدوجة. إن عمل الكندي في علم المناظر يلعب دوراً أساسياً في إلقاء ضوءٍ جديد على أعمال سابقيه اليونانيين، وكذلك في إدراك ملامح عصره وإعادة كتابة تاريخ عِلم المناظر الوارد في اللغة العربية.

إن أهمية إسهام الكندي في علم المناظر ليست بحاجة إلى تأكيد.

---

(١) انظر: J. Jolivet and R. Rashed, «Al-Kindi,» in: Charles Coulston Gillispie, ed., *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols. (New York: Scribner, [1970-1980]), vol. 15, supplement I, pp. 261-267.

فالمؤرخون، منذ زمن طويل، أخذوا على عاتقهم هذه المهمة، نظراً لوجود ترجمة لاتينية لكتابه معروفةٍ بشكل عام تحت عنوان *De Aspectibus*، وقد وضعها جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone). لذلك، كان يذكر اسم الكندي نظراً لتأثير هذا الكتاب في المؤلفين اللاتينيين، وكذلك نظراً لمصير هذا الكتاب في نسخته العربية. إن الحديث عن علم مناظر الكندي كان يعني الحديث عن *De Aspectibus* وضياع الأصل العربي لا يستطيع إلا تأكيد هذا الاتجاه.

لم يعد بالطبع مجهولاً منذ عقدين من الزمن أن للكندي كتاباً آخر في علم المناظر يعالج موضوع المرايا المحرقة. ولكن هذا الكتاب انتهى إلى عصرنا بحالة رديئة، ناقصاً، سيّيء النسخ ومحاطاً بأسطورة، بحيث لم يستطع أحد الرجوع إليه بشكل جدّي.

استمرت الحال على هذا الشكل إلى أن قادني حسن حظي إلى اكتشاف شرح مهم لمؤلف أقليدس **«علم المناظر»**(*). تم تحريره بالتحديد بعد كتاب *De Aspectibus*، بالإضافة إلى كتيّب بعنوان **في عظم الأشكال الغائصة في الماء** ومقطع يعالج موضوع المرآة المقعرة. إذا أضفنا إلى هذه العناوين الثلاثة كتاب **المرايا المحرقة**، فإننا نجد أن مؤلفات الكندي في علم المناظر لا يزداد حجمها إلى ثلاثة أضعاف فحسب، بل تتغير من حيث الامتداد والطبيعة. وهكذا تصبح صلات الكندي مع **«علم المناظر»** لأقليدس أكثر وضوحاً، كما يصبح بالإمكان تحديد روابطه بشكل دقيق مع أعمال أنتيميوس الترالّي (Anthémius de Tralles). وكذلك، فإن معرفته بمسائل قديمة، كمسألة المقادير الغائصة في الماء ومسألة الانعكاس على المرايا الكروية المقعرة والمحدبة، تكشف عن ارتباطات أخرى مع علم المناظر القديم. وبفضل جميع هذه النصوص، فإن النظرة التاريخية على أعمال الكندي والتي كانت مشوشة وجزئية في السابق قد أصبحت حالياً ممكنة. وبفضلها أيضاً تتحدّد علاقاته مع القدماء، كما تغتني معرفتنا بهم، ويصبح باستطاعتنا قياس مستوى التعقيد في النصوص السابقة للقرن التاسع بالنسبة إلى علماء ذلك العصر.

إن عمل الكندي في علم المناظر مفصليّ، إلا أنه لم يصل إلينا

(*) عندما ترد عبارة علم المناظر بين مزدوجين فإننا نعني بها مؤلَّف أقليدس (المترجم).

بكامله، إذ ينقصنا ثلاثة مؤلفات على الأقل، واحد منها حول انعكاس الضوء. والسبيل الوحيد المفتوح أمامنا لسد هذه النواقص يكمن في العودة إلى القرن التاسع وإلى خلفاء الكندي أيضاً. فهذه العودة تسمح لنا بإدراج هذه الإسهامات الضائعة حالياً في التقليد النصّي والمفهومي أيضاً، الخاص بها، والذي تأخذ معناها في إطاره. غير أن هذه المهمة شاقة ولا يمكن القيام بها دفعة واحدة. إلى جانب أسماء العلماء اليونانيين أصحاب المؤلفات المنقولة إلى العربية في المرايا المحرقة، والتي كان بإمكان الكندي الاطلاع عليها، والتي هي موضوع دراسة أخرى(٢)، هناك اسم يفرض نفسه، وهو قسطا بن لوقا ذو العلاقات المعروفة مع الكندي. إن مؤلّف قسطا بن لوقا **في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر** الذي وصل إلينا، صعب القراءة إلى درجة يبدو أنها أوهنت عزيمة المؤرخين فلم يكرسوا أية دراسة له. لذلك من الطبيعي تماماً أن يجد مكاناً له في هذا الكتاب يجعل فهمه متيسراً. والمقارنة بين نص ابن لوقا وإسهام الكندي تسمح لنا أن نستخلص، أو على الأقل أن نستشف، إطار دراسات هذا الأخير في انعكاس الضوء. أما الاسم الآخر فهو أحمد بن عيسى الذي لم يكن معاصراً للكندي مثل ابن لوقا. وقد اعتبره بعض المؤرخين سلفاً للكندي، في حين أنه، وكما سنثبت ذلك لاحقاً، خلفٌ له وكذلك مُقْتَبِسٌ لمختلف أعمال هذا العالِم البغدادي. وهكذا يتضمن كتابه، بفضل صفته هذه، مقاطع من أعمال عديدة للكندي، ما زالت مفقودة أو قد وُجِدَت مؤخراً. وسندرك دون صعوبة أن مؤلَّف ابن عيسى لا غنى عنه في تَقَصّي آثار كتابات الكندي الضائعة. لذلك سنعرض من هذا المؤلَّف في كتابنا هذا، الفصل الذي أرشدنا في بحثنا عن هذه الآثار.

ومن الملائم أيضاً أن نقدم النشرة الأولى لجميع النصوص العربية بالإضافة إلى ترجمة أولى لها. وهذا ما سأقوم به عارضاً للقراء هذه النصوص مع تحليلها.

---

(٢) انظر: Roshdi Rashed, «Dioclès, et «Dtrûms»: Deux traités sur les miroirs ardents,» *MIDEO*, no. 23 (1997), pp. 1-55.

وأعيدت طباعته في: *Les Catoptriciens grecs*, textes établis, trad. et commentés par Roshdi Rashed, collection des universités de France. Série grecque; 400 (Paris: Belles lettres, 2000), vol. 1: *Les Miroirs ardents*.

إن كتاب *De Aspectibus* قد حُقِّق جيداً وترجم إلى الألمانية(٣). وقد بدا لي أنه من الضروري تجديد هذا التحقيق القيِّم وترجمته إلى الفرنسية، بحيث تكون جميع إسهامات الكندي في متناول القراء الفرنسيين ضمن كتاب واحد. وهذا العمل هو ثمرة مجهود جماعي. إذ جدّد هنري هوغونار - روش (Henri Hugonnard-Roche) تحقيق *De Aspectibus* مستنداً إلى مخطوطة جديدة. وقد قمنا، هنري هوغونار - روش وأنا، بمراجعة الترجمة الفرنسية لنشرة بيورنبو (Björnbo) التي قامت بها حرية سيناصر (Hourya Sinaceur) وجان جوليفية (Jean Jolivet).

وقد قامت ألين أوجيه (Aline Auger)، وهي مهندسة دراسات في المركز الوطني الفرنسي للبحوث العلمية، بتحضير هذا الكتاب للاستنساخ التصويري، وقد أدت هذا العمل الشاق بكفاءة وإخلاص يتطلبان توجيه الشكر لها. كما أعبر عن امتناني للدكتور س.م. مرعشي رئيس مكتبة آية الله العظمى المرعشي النجفي، وكذلك للدكتور أ.ر.بدار، مدير مكتبة خودا - بخش، اللذين قدما لي الفرصة للعمل في مؤسستيهما.

أخيراً، آمَلُ أن تُقدِّمَ الوثائق الجديدة المعروضة هنا عذراً لي على التأخير في إنجاز الكتاب الذي وعدت به منذ حوالى عشرين سنة في مقال بعنوان «Al-Kindi»(*). وكما قال شيخ المعرة:

تَـقِـفُـونَ، والـفَـلَـكُ الـمُـسَـخَّـرُ دَائِـرٌ
وتُـقَـدِّرُونَ، فَـتَـضْـحَـكُ الأَقْـدَارُ

رشدي راشد

بور لارين، آب/أغسطس ١٩٩٦

---

(٣) Axel Anthon Björnbo und Sebastian Vogl, eds., *Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid,* Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften; heft 26,3 (Leipzig: B. G. Teubner, 1912).

(*) (المترجم) Jolivet and Rashed, «Al-Kindi».

مقدمة

تشمل أعمال الكندي في علم المناظر جميع ميادين علم المناظر الهلّينستي، أي العلم هذا وفق مفهوم علماء الهندسة القدماء، وبخاصة أقليدس. وهذه الميادين هي انعكاس الضوء، المرايا المحرقة، الألوان... وهذا يعني أن الفيلسوف لم يرغب في أن يترك أي ميدان من ميادين علم المناظر القديم دون أن يقدّم فيه إسهاماً. وبالفعل، فإن أبحاث الكندي في علم المناظر عديدة، وتأخذ أشكالاً مختلفة، فهي تتضمن دراسات مستفيضة وشروحات في علم المناظر وحلولاً لمسائل خاصة. إلا أن هذا التنوع في ما قدمه الكندي لا ينبغي أن يحجب وحدة الغاية التي أعلنها هذا العالم بتصميم واضح، وهذا ما سنعود إليه لاحقاً. وهذه الغاية تتمثل بإعادة تناول علم المناظر القديم من أجل شرحه وتصحيحه في آن معاً. وكما نعرف، يبلغ عدد أبحاث الكندي تسعة على الأقل، من بينها ثمانية ورد ذكرها عند المفهرسين القدماء(١).

وقد وصلنا من هذه المؤلفات الثمانية خمسة فقط، ومن الملائم أن نضيف إليها اسم كتاب كبير الحجم نسبياً، لم يأتِ أحد على ذكره.

---

(١) أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠هـ/١٩٧١ ـ ١٩٧٢م)، ص ٣١٥ ـ ٣٢٠؛ أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، [تحقيق] يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٣٦٦ ـ ٣٧٨، وأبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، تحقيق نزار رضا (بيروت: دار مكتبة الحياة، [١٩٦٥])، ص ٢٨٥ ـ ٢٩٣.

ولنستعرض باختصار هذه المؤلفات، قبل أن ندرس بالتفصيل كلاً منها في موقعه.

١ ـ **في اختلاف المناظر**، وفق ما أورده ابن النديم والقفطي وابن أبي أصيبعة[٢]. ذكر الكندي نفسه هذا الكتاب تحت عنوان مختصر هو «المناظر»، في مؤلفه **في الصناعة العظمى**[٣]، وفي مؤلف آخر هو **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر**[٤].

وهذا المؤلف فُقد بالعربية، وحُفظ باللاتينية، في ترجمة جيرار دو كريمون تحت عنوان *Liber de Causis Diversitatum Aspectus*، ويسمى عادة *De Aspectibus*[٥]. وهو عبارة عن دراسة مستفيضة مخصصة، كما يبدو، لتحل مكان «**علم المناظر**» لأقليدس.

٢ ـ **في اختلاف مناظر المرآة**، وقد ذكره المفهرسون الثلاثة القدماء[٦].

وهذا المؤلف المفقود الذي استطعنا تحديد آثاره في اقتباس لاحق[٧] هو الأول في مجال انعكاس الضوء.

٣ ـ **في عمل المرايا المحرقة**، وقد ذكره أيضاً المفهرسون الثلاثة القدماء[٨]، لكنه ورد مع تغيير بسيط عند ابن أبي أصيبعة: «في المرايا التي تحرق». وقد استطعنا أيضاً تحديد آثاره في اقتباس متأخر[٩]، ويبدو أنه قد وضع وفق تقليد أنتيميوس الترالي.

٤ ـ **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**. هذا الكتاب، الذي ذكره

---

(٢) المصادر نفسها، ص ٣١٧، ٣٧١ و٢٩٠ على التوالي.

(٣) أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **في الصناعة العظمى**، تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد (قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧)، ص ١٢٠.

(٤) انظر في ما يلي ص ٢٢٨ ـ ٣١٤ من هذا الكتاب.

(٥) انظر في ما يلي ص ٤٠٠ ـ ٤٦٥ من هذا الكتاب.

(٦) ابن النديم، المصدر نفسه، ص ٣١٧؛ القفطي، المصدر نفسه، ص ٣٧١، وابن أبي أصيبعة، المصدر نفسه، ص ٢٩٠.

(٧) يتعلق الأمر باقتباس ابن عيسى. انظر الملحق رقم (٣) من هذا الكتاب، ص ٥٥٣.

(٨) المصادر نفسها، ص ٣٢٠، ٣٧٦، و٢٩٠ على التوالي.

(٩) يتعلق الأمر دائماً باقتباس ابن عيسى. انظر الملحق رقم (٣) من هذا الكتاب، ص ٥٥٣.

ابن النديم والقفطي، قد أورده ابن أبي أصيبعة، لكنه استخدم مصطلح «الأجسام» عوضاً من «الأشكال»[١٠]. وهذا النص الذي عثرنا عليه كان قد نُسب خطأ إلى مؤلف لاحق.

٥ ـ **في مساطر المرآة**. ورد هذا الكتاب بهذا الاسم في لائحة ابن النديم، إلا أنه غير مطابق للعنوان الذي ذكره القفطي، حيث لا نجد كلمة «مساطر»[١١]. وإذا كان هذا الكتاب قد وُجد فعلاً، إلا أنه لم يصل إلينا.

٦ ـ **في الشعاعات الشمسية**. وهو مؤلف مهم حول المرايا المحرقة. وهذا العنوان مطابق للعنوان الذي يذكره ابن النديم وابن أبي أصيبعة[١٢]. إلا أن ابن النديم يضعه في لائحة تضم عدداً لا بأس به من كتب علم الفلك والتنجيم وعلم الظواهر الجوية... نجد في هذه اللائحة، على سبيل المثال، **في مطرح الشعاع**، وهو كتاب في التنجيم وليس في علم المناظر. وقد وصل إلينا مؤلف **في الشعاعات الشمسية** مبتوراً بعض الشيء[١٣].

٧ ـ **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر**. هذا الكتاب الذي اكتشفناه مؤخراً، لم يرِد ذكره عند أي مُفَهْرِس. نضيف إلى ما ذكرناه عنوانين حول الألوان:

٨ ـ **في الجرم الحامل بطبائعه اللون من العناصر الأربعة والذي هو علّة اللون في غيره**.

٩ ـ **في علة اللون اللازوردي**.

لقد وصلنا، من بين الكتب التسعة المنسوبة إلى الكندي، ستة كتب منها أربعة تتناول علم المناظر الهندسي. وفي ما يتعلق بكتابين اثنين من الكتب المفقودة، هناك مؤشرات دقيقة تدلنا للمرة الأولى على مدى اتساع بحث الكندي في انعكاس الضوء والمرايا. وتدل هذه المؤشرات على أن الكندي، في منتصف القرن التاسع، كان مطلعاً على التقليد الإقليدي في علم المناظر،

---

(١٠) المصادر نفسها، ص ٣٢٠، ٣٧٥ ـ ٣٧٦ و٢٩٢ ـ ٢٩٣ على التوالي.

(١١) ابن النديم، المصدر نفسه، ص ٣٢٠، والقفطي، المصدر نفسه، ص ٣٧٦.

(١٢) ابن النديم، المصدر نفسه، ص ٣١٧، وابن أبي أصيبعة، المصدر نفسه، ص ٢٩٠.

(١٣) انظر الفصل الثاني، ص ٣٤١ ـ ٣٧٠ من هذا الكتاب.

وكذلك على التقليد في مجال المرايا المحرقة، كما عرضته أعمال أنتيميوس الترالّي. وسنرى، فضلاً عن ذلك، أن الكندي كان، على الأرجح، مطلعاً على نسخة من كتاب منسوب زعماً لأقليدس حول المرايا، بالإضافة إلى مؤلَّف عائد لثيون الإسكندري. وسَنَتَفَحَّصُ، بالترتيب، المعرفة التي تسنت للكندي بهذه التقاليد، وكذلك الإضافات التي استطاع تقديمها إلى كل واحد منها.

القسم الأول

الفصل الأول

الكندي والتقاليد النصّية لبصريات أقليدس

مقدمة

إن كتاب **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر**، أو **تقويم الخطأ** بشكل مختصر، ليس مؤلفاً أساسياً في علم المناظر فحسب، بل هو أيضاً ملخص لبرنامج أبحاث. وما يقصده الكندي من هذا العنوان هو قراءة نقدية لمجمل كتاب «**علم المناظر**» لأقليدس. فقد تناول في مؤلفه بشكل منهجي، وبالترتيب، القضايا الواردة في «**علم المناظر**» بهدف تحسين براهينها، وحل صعوباتها وتصحيح أخطائها. لقد أراد إذن القيام بشرح نقدي لمؤلف «**علم المناظر**»، وهو يهدف بشرحه هذا، وهو الأول من نوعه لكتاب أقليدس، إلى تجاوز المؤلَّف المشروح. وذلك أن كلمة شرح لا تنحصر ههنا بتناول الموضوع من أجل فهمه، بل من أجل تصحيحه أيضاً. لكننا، وقبل إعطاء أي تحليل للمهمة التي حددها الكندي لنفسه، نشدّد على أن مثل هذا الكتاب يشكل شهادة نصّية ومفهومية من الدرجة الأولى حول تاريخ مؤلَّف أقليدس وحول تاريخ علم المناظر. إن كتاب **تقويم الخطأ** يقدّم لنا، أكثر من أي كتاب آخر، بما في ذلك الكتب الأخرى للكندي، معلومات عن حالة نص أقليدس في القرن التاسع، أي عن الترجمة العربية لهذا النص، ثم، ولو بطريقة غير مباشرة، عن النص اليوناني الذي تمّ الاستناد إليه لوضع هذه الترجمة، وسنبيّن بشكل دقيق أن الترجمة العربية، التي قرأها وشرحها الكندي، ليست تلك التي وصلت إلينا مع المخطوطات العربية، كما أنها ليست مطابقة لإحدى المخطوطات اليونانية التقليدية المحفوظة. سيتسنى لنا إذن عبر دراسة الكندي أن نثبت أن «**علم المناظر**» لأقليدس لم يكن، كما

كان يُعْتَقَدُ حتى الآن، موضوع ترجمة وحيدة إلى العربية، بل ترجمتين اثنتين على الأقل انطلاقاً من نَصَّيْن يونانيَّيْن مختلفَيْن.

وهذا ما سيدفعنا إلى التأكيد، بشكل قاطع، أنه كانت توجد قبل القرن التاسع، أربع مخطوطات على الأقل لكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس، لا مخطوطتان اثنتان، كما هو التأكيد السائد حتى الآن. هذه هي المسائل التي ستستوقفنا في البداية، إضافة إلى تلك التي ترتبط بها، كمسألة نسبة كتاب **تقويم الخطأ**، وما أعقبه من أعمال مُتَعَلِّقة به.

إن أعمال الكندي، أي كتاب **تقويم الخطأ** وكذلك كتاب *De Aspectibus* والشرح النقدي لمؤلَّف «**علم المناظر**» والتحرير الجديد لعلم المناظر، تثير مسألة الإسهام المفهومي لكتابات الكندي في علم المناظر، ولا سيما مسألة الطريقة التي كان يُدْرِكُ بها المفاهيمَ الأساسية لعلم المناظر الهندسي، كالشعاع والمخروط البصريَّيْن، على سبيل المثال. إن الإسهام المفهومي للكندي والمسائل التي يثيرها تشكل، فضلاً عن أهميتها في تاريخ علم المناظر في العصر الوسيط، مَداخِلَ من أجل فهم أفضل لمقاصد أسلاف الكندي، ومنهم أقليدس في الدرجة الأولى. وهذا الإسهامُ، بتقديمه لنا الأداة لقياس الفارق الذي يفصل الكندي عن سلفه، يُوَضِّحُ مقاصدَ كلٍّ منهما، وحدود إنجازاتهما في علم المناظر. عند هذا النوع من المسائل سنتوقف لاحقاً.

أخيراً، إن كتاب **تقويم الخطأ**، الذي وُضِعَ، وفق أرجح الاحتمالات، بعد مؤلف *De Aspectibus*، يسمح بفهم أفضل لبعض النقاط التي بَقِيَت غامِضة في المؤلف المذكور، كما يسمح بإعادة رسم تطور فكر الكندي في علم المناظر تمهيداً لبنائه من جديد.

أولاً: الكندي والنصوص اليونانية والعربية لمؤلف أقليدس «علم المناظر»

في كتابه **تقويم الخطأ** يتفحص الكندي تعريفات أقليدس، قبل أن يتناول جميع القضايا المطروحة في «**علم المناظر**» الواحدة تلو الأخرى، وبالترتيب. وهكذا يكون لدينا في كتاب الكندي **تقويم الخطأ** وفي كتاب **اختلاف**

المناظر[١] لقسطا بن لوقا، شهادتان هما الأكثر قدماً باللغة العربية حول مؤلّف «**علم المناظر**» للرياضي الاسكندري. لكن ما هي الترجمة العربية لكتاب **المناظر لأقليدس** التي قد شرحها الكندي؟ لقد أدركنا أن تاريخ مُؤلّف «**علم المناظر**» لأقليدس مُعَقَّدٌ منذ أن قام هيبرغ (Heiberg)[٢] بأعماله التأسيسية. فالتقليد اليوناني[٣] هو، في الواقع، متأخِّر (أقدم مخطوطة عن «Optica Genuina» وهي «Vind.phil.gr.103» تعود إلى القرن الثاني عشر)، كما أنه في الوقت نفسه غامض: إذا كان نص «Optica Genuina» الذي نُسَمِّيه هنا G_1، هو بالفعل منسوب إلى أقليدس وفق تقليد المخطوطات، فإن النص الآخر الذي يعتبره هيبرغ «تنقيحاً لثيون»، والذي نسميه هنا G_2، قد ورد دون إشارة إلى مؤلّفه في المخطوطات المحفوظة، وأقدم مخطوطة له وهي «Vat.gr.204»، تعود إلى حوالى العام ألف. والإشارة الوحيدة الواضحة إلى نسبة النص المذكور إلى ثيون الاسكندري وردت في عنوان مخطوطة «Paris.gr.2468»[٤]، مكتوبة بيد الناسخ آنج فرجيس (Ange Vergèce) في باريس سنة ١٥٦٦، وموجهة إلى رئيس القضاء ميشال دو لوسبيتال (Michel de l'Hospital): (τὸ προοίμιον ἐκ τῆς τοῦ Θέωνός ἐστιν ἐξηγήσεως.)، أي ما معناه: «المقدمة صدرت عن شرح ثيون»[٥].

لقد قادت هذه الوقائع عدداً من الباحثين إلى إعادة النظر باستنتاجات هيبرغ، وبخاصة عندما ينسب بالتخمين نص «Vat.gr.204» إلى

(١) حول هذا المؤلّف، انظر مخطوطة قسطا بن لوقا، **كتاب في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر** (Astān Quds 5593), fol. 78ʳ-93ʳ.

انظر أيضاً الملحق رقم (٢) من هذا الكتاب، ص ٥١٦ ـ ٥٥٠.

(٢) *Euclidis Opera Omnia*, ediderunt J. L. Heiberg et H. Menge (Lipsiae: B. G. Teubner, 1945), vol. 7: *Euclidis Optica, Opticorum Recensio Theonis, Catoptrica, cum Scholiis Antiquis*, and J. L. Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid* (Leipzig: B. G. Teubner, 1882), chap. 4.

(٣) انظر: J. L. Heiberg: Ibid., esp. pp. 90-91, and «Prolegomena,» in: *Euclidis Opera Omnia*, pp. xiii-xvi.

(٤) Marie Vogel und Victor Gardthausen: *Die Griechischen Schreiber des Mittelalters und der Renaissance*, Beihefte zum Zentralblatt für Bibliothekswesen; XXXIII (Leipsig: O. Harrassowitz, 1909), und *Die Griechischen Schreiber des Mittelalters und der Renaissance* (Hildesheim: G. Olms, 1966), p. 3.

(٥) Heiberg, «Prolegomena,» p. xxx.

ثيون(٦). هذه الانتقادات التي كان لها فضل كبير في لفت الانتباه مرة أخرى إلى مسألة كانت تُعْتَبَرُ، مع بعض التسرع، مُنْتَهِيَةً، تَدُلُّ بحق على عدم ثبات نسبة هذا النص إلى ثيون، فهي لا ترتكز على أية إشارة واضحة إليه قبل القرن السادس عشر. إلا أن خطوة إضافية قد تحققت عندما نُسب النص، الذي اعتبره هيبرغ «تنقيحاً» لثيون، إلى أقليدس نفسه. وهذه النسبة تقودنا إلى اعتبار «Optica Genuina» تطويراً متأخراً لعمل أقليدس الأصلي. لكننا نلاحظ عدم وجود مزيد من الإشارات التي تدفعنا إلى نسبة «التنقيح» إلى أقليدس أو إلى ثيون، والفقرات الثلاث التي ذكرها هيبرغ لا يمكن أن تؤدي بأي حال من الأحوال إلى إسناد النص إلى مؤلف معين. فالاستشهادات الثلاثة التي ذكرها هيبرغ في حاشية النص لا يمكن لها أن تثبت نسبة هذا النص إلى أي مؤلف. إننا لا نستطيع في الواقع إعطاء قيمة كبرى للاستشهاد الوحيد المتعلق بدون أي شك بنص أقليدس نفسه وليس بمقدمة ثيون، والموجود فقط في مخطوطة «Vat.gr.191» (العائدة إلى القرن الثالث عشر أو الرابع عشر وفق هيبرغ)(٧). فهذا الاستشهاد يرد على شكل ملاحظة على هامش النص، كتبتها، في عهد أقرب إلينا، يد أخرى غير يد الناسخ الأساسي للمخطوطة. إن هذه الملاحظة تكتفي، عندما تقدم مخطوطة G_2 ، *ἐντεῦθεν οἱ ὅροι τῶν Εὐκλείδου ὀπτικῶν*، أي ما معناه «هذه هنا تعريفات علم

(٦) انظر: A. Jones, «Peripatetic and Euclidean Theories of the Visual Ray,» *Physis,* vol. 31, fasc. 1 (1994), pp. 47-76, esp. p. 49, note no. (6), and W. R. Knorr, «Pseudo-Euclidean Reflections in Ancient Optics: A Re-examination of Textual Issues Pertaining to the Euclidean Optica and Catoptrica,» *Physis,* vol. 31, fasc. 1 (1994), pp. 1- 45, esp. p. 28 sqq.

(٧) بشكل أكثر تحديداً، إن المخطوطة مؤلفة من ثلاثة أجزاء منفصلة، وقد كتبها على الأقل ستة عشر ناسخاً. وهي تتضمن أعمالاً في الرياضيات وعلم الفلك والتنجيم والجغرافيا والموسيقى. ويبدو بشكل واضح أن أجزاء المخطوطة الثلاثة قد جمعت في قسم واحد من قبل مصحح واحد، وأن ذلك قد نُفِّذ بواسطة أصدقاء أو تلامذة أو مساعدين له، وذلك بين العامين ١٢٩٦ و١٢٩٨، وأن ملاحظات قد أضيفت حتى الأول من أيلول/سبتمبر سنة ١٣٠٣. انظر: Paul Canart e Vittorio Peri, *Sussidi Bibliografici per i Manoscritti Greci della Biblioteca Vaticana,* studi e Testi; 261 (Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana, 1970), pp. 387-388; Alexander Turyn, comp., *Codices Graeci Vaticani Saeculis XIII et XIV Scripti Annorumque Notis Instructi,* Vatican. Biblioteca Vaticana. Codices e Vaticanis Selecti quam Simillme Expressi [Ser Major]; v. 28 (Vaticana: [n. pb.], 1964), pp. 91-93, and A. Allard, «La Tradition du texte grec des Arithmétiques de Diophante d'Alexandrie,» *Revue d'histoire des textes,* nos. 12-13 (1982-1983), pp. 57-137, surtout pp. 69-70.

المناظر لأقليدس». ويبقى هذا الاستشهاد مؤكداً حتى وإن كان ثيون (أو غيره) هو مؤلف التنقيح.

إن الإشارة الثانية «من خارج النص» إلى أقليدس، مع أنها وردت في المخطوطات الثلاث (بما فيها مخطوطة «Vat.gr.204»، من القرن العاشر)، لا علاقة لها على الإطلاق بنص G_2. فهي محض وصفية، (τὰ πρὸ τῶν Εὐκλείδου ὀπτικῶν) أي ما معناه «ما هو موجود قبل **علم المناظر لأقليدس**»)، ويبدو أنها وضعت في هذا المكان لتكون بمثابة عنوانٍ للمقدمة التي نسبها فرجيس إلى ثيون. لكن، حتى وإن كانت المقدمة سابقة دائماً للنص G_2 في التقليد المخطوطي، وهذا محتمل دون أن يكون مؤكداً، فإن كل ما هو مثبت هو أن كاتب هذا العنوان كان يرى في هذه الصفحات نصَّ «**علم المناظر**» لأقليدس. وبتعابير أخرى، إن هذه الإشارة المختصرة، التي ينبغي عدم تحميلها أكثر مما تحتمل من التفسير، تثير مسألة العلاقات بين النصوص المختلفة أكثر مما تساهم في حلها.

والإشارة الثالثة مشكوك فيها كثيراً. وقد وردت فقط في مخطوطة «Paris.gr.2390»، المتأخرة نسبياً (القرن الثالث عشر وفق هيبرغ):

τὰ πρὸ ὀπτικῶν Εὐκλείδου φίλε τέλος εἴληφε θεῷ [θεῷ *om.* Heiberg] εὐδοκοῦντος, ᾧ δόξα

ومع أن هذه الإشارة تبدو متعلقة بالمقدمة وحدها، (τὰ πρὸ ὀπτικῶν Εὐκλείδου)، إلا أنها ترد بعد نص G_2 بأكمله، لتختم مجمل الكتاب. وإذا تناولناها كما هي، فإنها تعني أن نص G_2 في مجمله ينبغي أن يُفهم كمقدمة لكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس (G_1؟). لكن، من جهة أخرى، لو كانت هذه «الإشارة التوضيحية» الأخيرة قد نقلت من مكانها، ولو كان مكانها الأصلي مباشرة بعد المقدمة المجهولة المؤلف، لتعرضت للانتقاد نفسه الذي وجهناه للإشارة السابقة، مع ملاحظتنا مرة أخرى أن نَصَّها غير مؤكد بشكل جيد[٨].

(٨) إن مخطوطة «Paris.gr.2390» تتطلب، بداهة، أن تُدرس دراسة دقيقة وأن يُحدد بدقة موقعها الصحيح في سياق المخطوطات الأخرى. فقد حرص ناسخها دائماً، في ما يتعلق بنص أقليدس كما بالنص الذي ورد قبله، على تسجيل عنوان المؤلف، بالإضافة إلى الكلمة التي تشير إلى نهايته بواسطة حبر بنفسجي مميز جداً. وقد رقّم بهذا الحبر أيضاً القضايا المختلفة. من الواضح إذن أننا لسنا بصدد إلهام مفاجىء لأحد البحاثة البيزنطيين، بل بصدد عمل دقيق لناسخ يقظ. بالإضافة إلى ذلك لا يقوم هذا الناسخ بأي فصل بين «المقدمة» التي ورد ذكرها وبين نص G_2. لذلك، مما لا يقبل النقاش هو أن المصدر =

من المجازفة إذن أن يُرادَ لهذه الإشارات الثلاث من خارج نص أقليدس أن تقول أكثر مما تستطيع أن تكشفه لنا ـ وهو في الحقيقة شيء قليل جداً ـ دون الوقوع بشكل فاضح في خطأ افتراض ما يُطلب إثباته.

إن المسألة تتطلب إعادة النظر فيها على ضوء التقليد العربي. ومن البديهي، في ظل الوضع الحالي لمعارفنا وفي غياب تحقيق نقدي للترجمة العربية المحفوظة من «**علم المناظر**» لأقليدس، أنه لا يمكن إعطاء جواب شمولي ونهائي لكل الأسئلة المطروحة. سنبيّن إذن أنه لا يوجد نص لكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس متميز عن غيره، وأن النصين G_1 وG_2 هما مستقلان عن بعضهما، وأن نص G_2 هو تنقيح، لا لنص G_1 بل على الأرجح لنصّ أصلي بقيت منه بعض الآثار في الترجمات العربية وحدها، وسنبيّن أخيراً أن كاتب نص G_2 هو مجهول بالنسبة إلينا.

إلا أننا نستطيع منذ الآن الملاحظة أن ترجمتين عربيتين على الأقل من «**علم المناظر**» لأقليدس كانتا معروفتين في القرن التاسع. تتألف الأولى من نص أقليدس، الذي حفظ في عدة مخطوطات، وهذا النص غالباً ما يبتعد عن مضمون كل من النصَّين اليونانيين G_1و G_2، وحتى في مقاطع أساسية مثل التعريفات التمهيدية. وهذه الترجمة العربية نفسها استخدمها نصير الدين الطوسي وابن أبي جرّادة (القرن الثالث عشر) في كتاباتهما لـِ «**علم المناظر**». أما الترجمة العربية الأخرى، والتي لم يكن وجودها يخطر حتى الآن في بال أحد فهي على الأقل قديمة قِدَم الأولى، إذ إنها الترجمة نفسها التي استخدمها الكندي. وهي قريبة من الترجمة العربية المعروفة، لكنها مع ذلك ليست مطابقة لها، إذ يحدث أن يتلاقى نص الكندي في بعض مواضعه مع النص اليوناني G_1. إضافة إلى ذلك، عندما يبتعد النص اليوناني G_1، الذي نسبه هيبرغ إلى أقليدس، عن النص G_2 الذي نسبه هيبرغ نفسه إلى ثيون، فإن الترجمة العربية، مع كونها بلا ريب أقرب إلى G_1، تتلاقى في بعض المواضع مع النص G_2[٩].

إذا أخذنا برأي معارضي هيبرغ، المتمثل باعتبار النص G_1 تطويراً للنص

= الذي اعتمده كان يرى في المجموع (المقدمة + G_2) «ما هو موجود قبل **علم المناظر** لأقليدس»، **τὰ πρὸ ὀπτικῶν Εὐκλείδου** ، وإذا أخذنا بعين الاعتبار ورود اسم ثيون في المخطوطة، فإن على الأبحاث المستقبلية أن تحدد ما إذا كانت هذه المخطوطة تعكس ولو من بعيد خصائص المدرسة الإسكندرية.

(٩) انظر لاحقاً مناقشة القضية رقم (٦)، ص ٦٩ ـ ٧٢.

G_2[١٠]، وبعدم اعتبار النص G_2 تنقيحاً للنص G_1، فإننا سنجد أنفسنا مضطرين أن نستنتج من جهة، أن هذا التوسع قد حصل قبل عصر الترجمات العربية، وأنه من جهة أخرى، كان هناك على الأقل شكلان وسيطان للنص، أحدهما هو الشكل الذي يعود إليه الكندي، والآخر هو الترجمة العربية المحفوظة. إن هذه الفرضية تصبح، بفعل الواقع، شبه واهية، ذلك أنه لدينا أربعة نصوص مستقلة، كل نص منها متعارض مع النصوص الأخرى. وهذا ما يؤكد لنا أن أي واحد منها لم يحفظ لوحده النصَّ الصحيح لأقليدس. فإذا كان النص G_1 مجرد إعادة كتابة للنص G_2، كيف لنا أن نفسر عند ذاك أن الترجمتين العربيتين تتوافقان تارة مع النص G_1 وطوراً مع النص G_2؟ وكيف نفسر أيضاً، كما سنرى لاحقاً، أن النص G_2 بالمقابل يبدو أحياناً تطويراً للنص G_1؟

ما هي الاستنتاجات التي نستخلصها في ما يتعلق بتاريخ نص أقليدس؟ أولاً، إن الشكوك حول نسبة النص G_2 تظهر أكثر قوة من خلال المخطوطات العربية. وإذا كان من الوهم أن نرى هنا نص أقليدس، فإنه لا يبقى لدينا شك أن البحاثة الذي قدم لنا الشكل الحالي للنص G_2 ـ سواء أكان يدعى ثيون أم كان يحمل اسماً آخر ـ كان يملك بين يديه نصاً مستقلاً عن نص أقليدس، وأن هذا التنقيح قد نتج عن نموذج أصلي بقيت بعض آثاره في المخطوطات العربية وحدها.

نقدم في البداية، في الجدول رقم (١ ـ ١)، لائحة بالتطابقات (أو بالاختلافات) بين النص G_1 والنص G_2 ونص الترجمة العربية التي شرحها الكندي[١١] المسماة هنا K ونص الترجمة العربية المحفوظة A ونص شرح الطوسي T ونص شرح ابن أبي جرادة J. وهذا الجدول لا يُمكِنُ له إلا أن يكون مبسطاً للغاية، نظراً إلى التباينات الكبيرة التي تفصل بين النصوص المختلفة، والتي سنقدم بعض الأمثلة عنها. والجدول يتناول فقط ترتيب القضايا وعددها وترقيمها.

---

(١٠) يستنتج و.ر. كنور (W. R. Knorr) بخصوص القضية رقم ١٥ (مع اعتماد التسميتين $G_1 =$ A و$G_2 =$ B): «في النتيجة، إن مقارنة عَرضيْ القضية رقم ١٥ تظهر بشكل عام: إن البراهين في A أكثر إسهاباً والعرض أكثر تنظيماً مما هو في B؛ إن المصطلحات الخاصة بالنص B (**e.g. οὐκοῦν**) هي بشكل عام مستبعدة في A، على الرغم من أنها تظهر فيها من حين لآخر؛ في حين أن المصطلحات الخاصة بالنص A هي غير موجودة في B. إن هذه الخصائص تتوافق جيداً مع وجهة النظر التي تقول إن النص B هو سابق للنص A». انظر: Knorr, Ibid., p. 33.

(١١) إنها الترجمة التي شرحها في كتابه **تقويم الخطأ**.

الجدول رقم (١ ـ ١)

G_1	G_2	A	K	T	J
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6a	6a	6	6	6	6
6b	6b	7	7	7	7
7	7	8	8	8	8
8	8	9	9	9	9
9	9	10	10	10	10
10	10	11	11	11	11
11	11	12	12	12	12
12	12	13	13	13	13
13	13	14	14	14	14
14	14	15	15	15	15
15	15	16	16	16	16
16	16	17	17	17	17
17	17	18	18	18	18
18	18	19	19	19	19
19	19	20	20	20	20
20	20	21	21	21	21
21	21	22	22	22	22

يتبع

تابع

23	23	23	23	غير موجودة	22
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	22 برهان آخر 1
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	22	22 برهان آخر 2
24	24	24	24	23	23
25	25	25	25	24	24
26	26	26	26	25	25
27	27	27	27	26	26
28	28	28	28	27	27
29	29	29a	29	غير موجودة	28
30	30	غير موجودة	30	28	28 برهان آخر
31	31	29b	31	29	29
32	32	30a	32	30	30
33	33	30b	33	31	31
34	34	31	34	32	32
35	35	32	35	33	33
36	36	33	36	34	34a
37	37	34	37	35a	34b
غير موجودة	غير موجودة	35a	غير موجودة	35b	34c
38	38	35b	38 عرض	36 عرض	35 عرض
39	39	36a	39	36a,b,c	35a
غير موجودة	غير موجودة	36b	غير موجودة	غير موجودة	35b
40	40	37a	40	36d	35c
41	41	37b	41	36e	35d

يتبع

تابع

42	42	38	42	37	36
43	43	39	43a	غير موجودة	37a
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	37b
43b و48	43b و48	40 و44	43b و48	غير موجودة	38
44	44	41a	44	38a	39a
غير موجودة	غير موجودة	41b	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة
غير موجودة	غير موجودة	41c	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة
44	نهاية 44	42a	45a	38b	39b
غير موجودة	غير موجودة	42b,c	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة
47	47	43a	45b	40a	غير موجودة
46	46	43b	46	40b	40
45	45	43c	47	40c	غير موجودة
49	49	45	49	39	41
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	42	42a
		غير موجودة	50	43	42b
50	50		50	43	
		غير موجودة	50	43	برهان آخر
51	51	46	51	44	43
52	52	47	52	غير موجودة	44
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	45	غير موجودة
54	54	49	54	46	45
53	53	48	53	غير موجودة	46
55	55	51	55	47	47

يتبع

تابع

غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	48	48
56	56	52	56	غير موجودة	49
57	57	53	57	49	50
58	58	54	58	50	51
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	51	52
59	59	55	59	52	53
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	53	54
60	60	غير موجودة	60	غير موجودة	برهان آخر 1
غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	برهان آخر 2
61	61	جزء من 56	61	54	55
62	62	غير موجودة	62	55	56
63	63	غير موجودة	63	56	57
64	64	59	64	57a	58

قائمة الرموز

G_1 نص عن «**علم المناظر**» اعتبره هيبرغ أصلياً، وهو محقق استناداً إلى عدة مخطوطات، وبخاصة مخطوطة Vindobonensis phil.gr.103 .

G_2 نص عن «**علم المناظر**» اعتبره هيبرغ تنقيحاً يعود لثيون الاسكندري، وهو محقق استناداً إلى عدة مخطوطات، وبخاصة مخطوطة Vaticanus.gr.204 .

A نص ترجمة عربية لكتاب «**علم المناظر**» ناتج من نص حققناه استناداً إلى المخطوطات التالية:

١ ـ Leyde, Or.133, fol. 81-105 [سمّيت L].

٢ ـ القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠، ص ٥٩ظ ـ ٩١ظ [سمّيت Q].

٣ ـ Istanbul, Topkapi Saray, Ahmet III 3494, fol. 59v-74r [سميت I]. سنعتمد ترتيب القضايا كما ورد في مخطوطة Leyde.

K نص ترجمة عربية لكتاب «**علم المناظر**» شرحه الكندي في كتابه **تقويم الخطأ**. قم، مرعشي نجفي ٧٥٨٠، ص ٦٩ظ ـ ١٠٢ظ.

T نص لكتاب «**علم المناظر**» من تحرير الطوسي (انظر لائحة المخطوطات في قائمة المراجع).

J نص لكتاب «**علم المناظر**» من تحرير ابن أبي جرادة، القاهرة، دار الكتب، رياضة ٦٣٨، ص ١ظ ـ ١٢و.

إن القراءة المتأنية للجدول رقم (١ ـ ١) تكفي لتعديل معرفتنا بالنصوص التقليدية لكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس. فهي، بالإضافة إلى ذلك، تظهر أن المقابلة التي حُصرت بين النصين G_2 وG_1 هي نتيجة الظروف فقط. ذلك أن الجهل بوجود النص K وإهمال النص A أدّيا إلى اعتبار هذا الواقع الظرفي واقعاً أساسياً.

لذلك لا نحصل من هذه المقابلة إلا على نتيجة واحدة: ذلك أنه إذا نسبنا أحد النصين إلى أقليدس من أجل اعتباره النص الأساس، فإن النص الآخر سيصبح عندئذ من عمل أحد الشرّاح. هذا هو بالتحديد منهج المؤرخ وعالم اللغة البارز هيبرغ، عندما يعتبر G_1 النص الأساس والنص G_2 تنقيحاً عائداً لثيون. وهذا أيضاً ما قام به معارضوه الذين اتخذوا الموقف المناقض، عندما اعتمدوا G_2 النص الأساس وG_1 كتابة مطوَّرة انطلاقاً من النص G_2.

إن فرضية هيبرغ، التي تبدو لنا غير مُثْبَتة، تنطلق من بيّنة وتفضي إلى تخمين، لكن البيّنة والتخمين بالمقابل يبدوان لنا صحيحين. إن الملاحظة أن النصين G_1 وG_2 مختلفان هي صحيحة، وإن كانت الحُجَّةُ المستند إليها، وهي أن النص G_1 هو تنقيح للنص G_2، غير جيدة. وقد وصف ڤير إيك (Ver Eecke) هذا الاختلاف بشكل لَبِق عندما كتب في مقدمة ترجمته لِ «**علم المناظر**» أن النص G_2 «ليس مصحّحاً ولا مكمِّلاً» للنص G_1، وأن G_2، وإن كان في أغلب الأحيان ذا «لغة أكثر إيجازاً»، إلا أنه من الناحية الهندسية أكثر دقة[١٢]. أما التخمين الذي يرى في النص G_2 تنقيحاً لنص آخر، فإن الدفاع عنه ممكن شرط ألا يكون النص G_2 تنقيحاً للنص G_1.

مما لا شك فيه أن المقارنة بين النصين G_2 وG_1 تبدو كافية لإثبات

(١٢) Euclide, *L'Optique et la catoptrique: Oeuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke* (Paris: [s. n.], 1959), p. xxviii.

استقلال الواحد عن الآخر. لكن إذا أخذنا بعين الاعتبار النص A، وكذلك النص K بدرجة أقل، فإنه لا يبقى أي مجال لاعتبار أحدهما تنقيحاً أو تطويراً للآخر. سنبيّن في الواقع أن النصوص المختلفة لِـ **«علم المناظر»** التي وصلت إلينا لا يشتق بعضها عن بعض، ولا تشكل التشابكات أو التطابقات بين هذه النصوص عائقاً أمام برهان ذلك، بل إنها تشكل بالضبط حجة يستند إليها هذا البرهان. وهنا نود الاعتذار بسبب الإطالة والتكرار اللذين تتطلبهما المقارنة بين مختلف النصوص.

سنبدأ بتناول مجموع النصوص، مع التركيز في البداية على G_1 وG_2 استناداً إلى A. إن أحد الاختلافات الأكثر وضوحاً بين G_1 وG_2 هو طريقة استخدام الأحرف لتحديد الأشكال. ولكن هذا الاختلاف يميز G_2 عن مجموع النصوص الأخرى. ذلك أن النصوص G_1 و A وK تستخدم الأحرف نفسها لتحديد الأشكال باستثناء بعض الفروقات. لنحفظ الآن في ذاكرتنا هذا الاختلاف، ولنعد إلى النصوص نفسها. وسوف نستعين ببعض الأمثلة.

يبرز المثال الأول عِنْدَ إثبات القضية الرابعة. فالنص G_2، وبخلاف النص G_1، لا يتضمن هنا أي إثبات لهذه القضية. كما نلاحظ بالنسبة إلى القضية السادسة اختلافاً على القدر نفسه من الأهمية، سنناقشه في ما بعد. لنتوقف عند القضية السابعة.

القضية رقم (7) ـ على الرغم من أن معنى عرض القضية يبقى مماثلاً في النصوص الأربعة، إلا أننا نستطيع إبراز بعض النقاط التي توحي أن النص A هو أقرب إلى G_2 من G_1.

عرض القضية في G_1 هو على الشكل التالي:

إن المقادير المتساوية الواقعة على خط مستقيم واحد، وغير الموضوعة واحدة تلو أخرى، والمختلفة المسافات عن العين، تبدو غير متساوية[١٣].

أما في النص G_2 فإن العبارة «والمختلفة المسافات عن العين» (καὶ ἄνισον διεστηκότα τοῦ ὄμματος) غائبة كلياً، والعرض يرد على الشكل التالي:

(١٣) Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid*, p. 12, lines 2 - 4.

إن مقادير متساوية واقعة على الخط المستقيم نفسه إذا وضعت بعضها أكثر بعداً من البعض الآخر، تبدو غير متساوية[١٤].

إن هذا العرض الأخير أقرب إلى عرض النص A، الذي يكتب: المقادير المتساوية إذا وضعت <على خط واحد> على أماكن متفرقة ترى مختلفة في العظم[١٥]. أخيراً، إن النص K يتضمن العبارة غير الموجودة في G_2 وA. نقرأ هناك: المقادير المتساوية الموضوعة في أماكن متفرقة مختلفة البعد من البصر من خط مستقيم واحد، إذا كان الناظر من ذلك الخط في موضع يمكن أن يُخْرَج منه إلى نهايات المقادير المتباعدة خطوطاً مستقيمة تقاطع ذلك الخط الذي المقداران منه أو عليه، ترى مختلفة في العظم[١٦].

إذا أخذنا إذن بعين الاعتبار التغييرات التي تفرضها متطلبات الترجمات، نلاحظ أن النصين A وG_2 يقدمان العرض نفسه، كما أن G_1 وK يقدمان العرض نفسه أيضاً. إن الجزء الثاني من عرض K يمكن أن يكون صادراً من المخطوطات، أو من المترْجِم أو من الكندي نفسه. إلا أن ما يثير اهتمامنا هنا هو الجزء الأول وحده. وأقل ما يمكننا قوله في جميع الأحوال، إنه كان هناك تقليدان للنص نفسه: أحدهما يتضمن عبارة «المختلفة المسافات عن العين»، في حين أن التقليد الآخر لا يوردها.

لذلك لا يمكن أن تكون هذه العبارة إضافة في كتابة محتملة للنص G_1.

بعد ذلك وعندما نصل إلى البرهان تزداد الأمور تعقيداً. هنا تفرض نفسها تقاربات أخرى بين النصوص G_1 و A و K من جهة، وبين النص G_2 لِوَحدِهِ من جهة أخرى. لنقرأ أولاً ما ورد في النص G_2:

في الواقع، ليكن المقداران BΓ و ΔZ؛ ولتكن العين K، لنسقط الأشعة البصرية KB، KΓ، KΔ، KZ، ولتكن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين KZ وZB قائمة. عند ذاك، تكون الزاوية Σ أكبر من

---

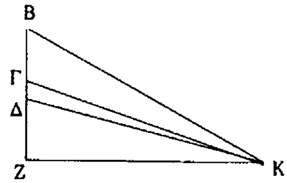
(١٤) المصدر نفسه، ص ١٦٢، السطر ١٦ - ١٧.

(١٥) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٦١ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3493), fol. 60v, and (Leyde, Or. 133), fol. 83.

(١٦) Heiberg, Ibid., p. 183, line 12 - p. 185, line 2.

الزاوية ϕ، بحيث يظهر المقدار ΔZ أكبر من المقدار ΓB. بالتالي يظهر المقداران $B\Gamma$ وΔZ غير متساويين(١٧).

الشكل رقم (١ ـ ١)



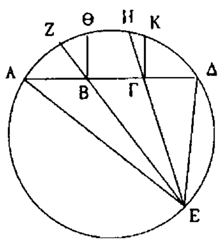
من الواضح أنه لا يوجد أي برهان في هذه الفقرة. لكن، كل ما تقوم به هذه الكتابة هو إعادة تناول فرضيات القضية رقم (4)، التي هي حالة خاصة من القضية رقم (7). إن الفقرة الواردة في G_1 تخالف بشكل أكيد ما ورد في النص G_2. ونحن نوردها بالرغم من طولها:

لنأخذ مقدارين متساويين AB و$\Gamma\Delta$ على الخط المستقيم نفسه$A\Delta$، وغير واقعين الواحد تلو الآخر، وعلى مسافتين غير متساويتين من العين. لِنُخرِج الشعاعين الساقطين EA و$E\Delta$، بحيث يكون الخط المستقيم EA أكبر من الخط المستقيم $E\Delta$. أقول إن الخط المستقيم $\Gamma\Delta$ سيظهر أكبر من الخط المستقيم AB. لنسقط الشعاعين EB و$E\Gamma$، ولنرسم الدائرة $AE\Delta$ حول المثلث $AE\Delta$. ولنرسم الخطين المستقيمين BZ وΓH على امتداد الخطين المستقيمين EB و$E\Gamma$، ولتخرج على زاويتين قائمتين، من النقطتين B وΓ، الخطين المستقيمين $B\Theta$ وΓK، (اللذين هما متساويان). إن الخط المستقيم AB يساوي الخط المستقيم $\Gamma\Delta$؛ لكن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AB و$B\Theta$ هي أيضاً مساوية للزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين $\Delta\Gamma$ و ΓK؛ إذاً، إن القوس $A\Theta$ هو أيضاً مساوٍ للقوس ΔK. بالتالي، يكون القوس $K\Delta$ أكبر من القوس ZA؛ إذاً القوس $H\Delta$ هو أكبر بكثير من القوس ZA. لكن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AE

(١٧) المصدر نفسه، ص ١٦٢، السطر ١٨ ـ ٢٣، و: Euclide, *L'Optique et la catoptrique: Oeuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 61.

وEZ هي مثبَّتة على القوس AZ، والزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين HE و EΔ هي مثبّتة على القوس HΔ؛ بالتالي، إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين HE و EΔ هي أكبر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AE و EZ. لكن الخط المستقيم AB يُرى من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AE و EZ، والخط المستقيم ΓΔ يرى من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين HE و EΔ؛ إذاً، الخط المستقيم ΓΔ يظهر أكبر من الخط المستقيم AB[١٨].

الشكل رقم (١ ـ ٢)



إذا قارنّا الآن هذه الفقرة الأخيرة مع تلك الواردة في A، نلاحظ أنهما متماثلتان، مع استثناء وحيد، فالعبارة الموضوعة بين مزدوجين، حيث يتم التأكيد بدون أي برهان على تساوي BΘ وΓK، غير موجودة في النص A.

إن هذه الجملة، في الواقع، مشكوك فيها. وفي النصين G_2 و A، يُستخدَم في هذا البرهان التساوي بين قوسين وهذا غير صحيح في جميع الحالات[١٩]. أخيراً، نجد في النص K الشكل نفسه والبرهان نفسه الموجودين في النصين G_1 وA.

وهكذا نَتَحقّق أن النصوص تتوزع، بشكل ما، في مجموعتين وفقاً للعرض أو للبرهان. فأصبح لدينا أولاً (A, G_2) و (G_1, K)، ومن ثم (G_1, A, K) و (G_2). بالتالي، يسقط الخيار (G_1, G_2)، فهو من الضيق بحيث لا يستطيع أن يأخذ بعين الاعتبار في آن واحد النصوص المختلفة

(١٨) المصدران نفسهما، ص ١٢، السطر ٥ ـ ٢٩ وص ٦ على التوالي.

(١٩) انظر الملاحظة الإضافية التابعة لكتاب **تقويم الخطأ**، القضية رقم (7)، ص ٣١٨ من هذا الكتاب.

والاختلافات بين النصين G_1 و G_2. ومن الواضح تماماً أن نص البرهان الوارد في G_2، لا يُمكن أن يكون نصاً أساساً، بل نسخة من نص رديء. وقد تكون النسخة نفسها تنقيحاً سيئاً لنص لم نعد نملكه، لكن أثراً واحداً منه على الأقل محفوظ في A.

لِنَتَبَنَّ الآن هذا الاستنتاج بشكل تخميني. وسنحاول تأكيده باستخدام أمثلة أخرى.

على أنه، وقبل التوقف عند مثال ثانٍ، وهو القضية رقم (15)، نشير بشكل سريع إلى بعض النقاط البارزة في القضايا أرقام (14 - 9).

ـ إن عرض القضية رقم (9) في النصوص G_1 و G_2 و A يتناول أشكالاً قائمة الزوايا بهدف إثبات أنها تُرى دائرية الشكل عن بعد. في حين أن العرض في K يتناول شكلاً متعدد الزوايا وذا مركز تناظر. لكن النصّين G_1 وA يعرضان الشكل نفسه، في حين أن G_2 يورد شكلاً لا يتوافق مع النص. سنعود إلى معالجة هذه القضية لاحقاً[٢٠].

ـ في نهاية القضية رقم (10): يورد النصان: G_1 و G_2 جزءاً مما كان قد ورد فيهما على شكل تعريف رقم (٥): τὰ γὰρ ὑπὸ μετεωροτέρων ἀκτίνων ὁρώμενα μετεωρότερα φαίνεται[٢١].

لكن لا شيء يتطابق مع هذه الجملة ولا مع هذا التعريف سواء في النص A أو في النص K.

ـ القضية رقم (11) لا تختلف في الحقيقة عن القضية رقم (10). الشكل في G_1 مبسط كما ينبغي. والأمر نفسه حاصل في A. أما الشكل في G_2 وفي K فهو مماثل للشكل السابق.

ـ إن عروض القضية رقم (12) في النصوص G_1 و G_2 و A متطابقة بالإضافة إلى ذلك لا يحدد أي نص من هذه النصوص الثلاثة موقع العين، الذي يجب افتراضه ضمن الشريط المحدَّد بالخطين المستقيمين[٢٢].

---

(٢٠) حول هذه المسألة، انظر ص ٥٢ ـ ٥٤ من هذا الكتاب.

(٢١) Heiberg, Ibid., p. 18, lines 12-13.

(٢٢) انظر الملاحظة الإضافية التابعة لكتاب **تقويم الخطأ**، القضية رقم (13)، ص ٣٢١ من هذا الكتاب.

إلا أن نص G_2 يبقى أقل دقة من النصين الآخرين، لكن الشرح المعروض في النصوص الثلاثة هو مجرد توضيح للتعريف رقم (٦) دون أي إثبات حقيقي. ولو كان النص G_1 تحريراً للنص G_2، لَوَجَدْنا في G_1 محاولة لمعالجة هذا النقص، لكن ذلك لم يحصل. في النص K نجد تدقيقات على الشكل ومحاولة للإثبات، قد قام بها الكِندي بدون شك. ونستطيع كذلك ترداد ملاحظات مماثلة حول القضيتين اللاحقتين.

وهكذا نرى أن النصوص تتجمع لِتَتَفَرَّق وَلِتَكْشِفَ استقلالَ بعضها عن البعض الآخر، لكن هذا الاستقلال لا يستبعد من جهة أخرى نوعاً من التناسق في ما بينها. لنتابع دراستنا لكي نتجنب الأحكام الاعتباطية، ولنتوقف عند القضية رقم (15). إنها تشير إلى هذا التناسق الذي تؤكده قضايا أخرى كثيرة.

إن هذه القضية معروضة في النص G_1 على الشكل التالي:

من بين المقادير الموضوعة تحت العين نفسها (ὑπὸ τὸ αὐτὸ ὄμμα)، والتي يتجاوز بعضها البعض الآخر، يبدو الأكبر منها أكثر ظهوراً بمقدار أكبر إذا اقتربت العين، وبمقدار أصغر إذا ابتعدت العين[٢٣].

هذا العرض قريب من العرض الوارد في G_2 باستثناء نقطتين، كما يمكن التحقق من هذا الأمر بسهولة. وهذا التشابه مهم، ولا سيما أن العرض في A يبتعد عن العرض في G_1 بشكل واضح، مع العلم أن التقارب بين النصّين A و G_1 هو عادة أكبر من التقارب بين G_1 و G_2. زيادة على ذلك، يبتعد النص K في هذا العرض عن النص G_1 ويتشارك بشكل ما مع العرض الوارد في A. لكننا نرتكب خطأً فادحاً إذا ألقينا مسؤولية هذا التباعد على عاتق مترجم النص اليوناني إلى العربية. فهذا التباعد بنيوي، كما سنرى، وسيتكرر في القضية رقم (16) المرتبطة بقضيتنا هذه. نقدم في البداية عرض النص A للقضية نفسها أي رقم (15) (وفق ترقيم النص G_1، وهذه القضية رقمها (16) في A):

إذا كان مقداران تحت البصر أحدهما أعظم من الآخر، فإن الذي يُرى

(٢٣) Heiberg, Ibid., p. 22, lines 21-23, and Euclide, *L'Optique et la catoptrique: Oeuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 11.

من الأعظم مع رؤية الأصغر أصغرُ قدراً مما يُرى من الأعظم مع رؤية الأصغر إذا انخفض البصر[٢٤].

لذا ينتمي العرض الوارد في K إلى هذا الأخير. لكنه يحوي تدقيقات تفتقدها النصوص G_1 وG_2 وA. فهذه النصوص الثلاثة لا تُحَدِّدُ مواقع العين والمقادير (في الواقع تتناول جميع النصوص مقدارين فقط). والنص K وحده يشير بوضوح إلى أن العين تقع في مستوي المقدارين وراء المقدار الصغير وتتحرك على مستوٍ موازٍ للأفق. وهذا الاختلاف بين النص K والنصوص الثلاثة الأخرى يمكن أن يعود إلى النص الأصلي كما يمكن أن يعود إلى الكندي.

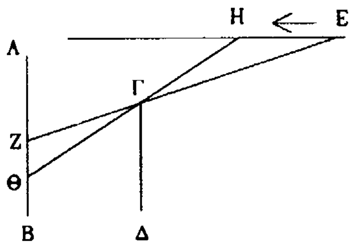
لنصل الآن إلى البرهان. في هذه المرة يزداد التباعد، ليس فقط بين النصين G_1 و A، بل أيضاً بين G_1 و G_2. هذا يعني أن الجزء الثاني من البرهان في G_2 يختلف تماماً عن الجزء المقابل له في G_1. ولكي ندرك هذه الاختلافات، نبدأ بتقديم البرهان الوارد في النص G_1:

AB و ΓΔ هما مقداران غير متساويين؛ AB هو الأكبر، وE هي العين التي يسقط منها الشعاع EZ المار بالنقطة Γ. عند ذاك، وبما أن المقدارين ZB و ΓΔ يظهران تحت العين وتحت الشعاع EZ، ينتج من ذلك أن المقدار AB يبدو أكبر من المقدار ΓΔ بقيمة المقدار AZ. لنحرك العين إلى مكان أقرب، ولتكن النقطة H التي يسقط منها الشعاع HΘ المار بالنقطة Γ. عند ذاك، وبما أن المقدارين ΓΔ وΘB يظهران تحت العين وتحت الشعاع HΘ، ينتج من ذلك أن المقدار AB يبدو أكبر من المقدار ΓΔ بقيمة المقدار AΘ. وهو يُرى أكبر من المقدار AZ تحت العين E، والمقدار AΘ هو أكبر من المقدار AZ؛ بالتالي، إن المقدار الأكبر يبدو أكثر ظهوراً بمقدار أكبر إذا اقتربت العين، وبمقدار أقل إذا ابتعدت العين[٢٥].

(٢٤) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٦٥ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 62ʳ, and (Leyde, Or. 133), fol. 85.

(٢٥) Heiberg, Ibid., p. 22, line 24 - p. 23, line 9, and Euclide, Ibid., p. 11.

الشكل رقم (١ ـ ٣)



كما لاحظنا للتو، لم تُحدّد مواقع العين والمقادير. لذلك يجب الافتراض أن موقع العين هو على مستوي الخطين المستقيمين ΓΔ وAB، وأنه يتحرك على خطّ موازٍ للخط المستقيم BΔ. إذا كانت العين في النقطة E، فإن الجزء AZ يُرى فوق ΓΔ، وإذا اقتربت العين من النقطة H، فإن الجزء AΘ يُرى فوق ΓΔ، ويكون لدينا AΘ > AZ، لأن الشعاع ΓΘ هو تحت ΓZ.

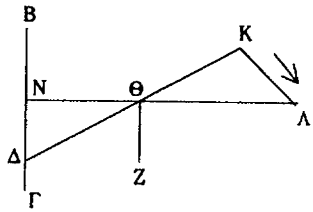
إن نظرة بسيطة على البرهان الوارد في G_2 تظهر أنه يختلف تماماً عن السابق. لنبدأ بعرضه:

لنأخذ المقدار BΓ أكبر من المقدار ΘZ؛ لنضع العين K فوق المقدارين BΓ وΘZ، ولنسقط الشعاع KΔ المار بالنقطة Θ. عند ذاك، يبدو المقدار BΓ أكبر من المقدار ΘZ بقيمة المقدار BΔ؛ لأن المقدار ΘZ يظهر مساوياً للمقدار ΔΓ، ذلك أننا نرى بالعين نفسها وبالشعاع KΔ. لنحرك العين (إلى الوراء)[٢٦] إلى النقطة Λ، ولنسقط الشعاع ΛN المار بالنقطة Θ. عند ذاك، يبدو المقدار BΓ من جديد أكبر من المقدار ΘZ بقيمة المقدار BN. بالتالي، إذا ابتعدت العين، يبدو المقدار BΓ متجاوزاً للمقدار ΘZ بمقدار أصغر مما هو الأمر في حال اقتربت العين[٢٧].

(٢٦) نقرأ في مخطوطة أقليدس العبارة (πάλιν δὴ μεταχείσθω τὸ ὄμμα ἐπὶ τὸ Λ) التي جعلها المترجم (rursus igitur occulus ad Λ transferatur). نستطيع أن نورد العبارة اليونانية على الشكل التالي «لنعمل على وصول العين بالاتجاه المعاكس إلى النقطة Δ). انظر: Heiberg, Ibid., p. 172, lines 18-19.

(٢٧) المصدر نفسه، ص ١٧٢، السطر ١٤ ـ ٢٣، و Euclide, Ibid., p. 65.

الشكل رقم (١ ـ ٤)



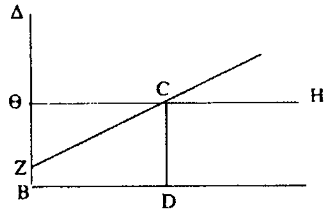
نلاحظ، عند قراءة النص السابق، أن النص G_2 هو الوحيد الذي يضع الشرط الذي لا ضرورة له وهو أن تكون العين «فوق» المقدارين. وما هو أكثر أهمية أن النص G_2 لا يشير بوضوح إلى اتجاه تحرك العين، بخلاف النص G_1، الذي يُحَرِّكُها وفق الخط الأفقي. لعل هذا الغموض هو الذي جعل المترجم اللاتيني يفسر الكلمة اليونانية (πάλιν) بكلمة (rursus)، كما جعل فير إيك يفسرها بكلمة «en arrière» (إلى الوراء). ومن جهة أخرى يستقيم النص، إن اعتبرنا KΛ مائلاً كما ورد في الشكل، أو إن اعتبرناه عمودياً. لهذا السبب يختلف الجزء الثاني من هذا البرهان بشكل ظاهر عن البرهان الوارد في النص G_1. لكن ماذا عن النص A؟ هذا هو البرهان الوارد فيه:

لنأخذ المقدارين الخطين المستقيمين AB و CD، AB أكبر من CD. والعين في النقطة E، ولنأخذ الشعاع الصادر من E المار في C والذي هو EZ. بما أن ما نراه من المقدار AB في الوقت نفسه الذي نرى فيه المقدار CD، بواسطة الشعاع EZ، هو مساوٍ للمقدار ZB، عندئذ يُرى مقدار AB أكبر من مقدار CD بقيمة مقدار AZ. نخفض بعد ذلك العين إلى الوضع H ونُخرجُ الشعاع في النقطة C، فنحصل على الخط المستقيم HΘ. نرى إذاً مقدار ΘB وفي الوقت نفسه مقدار CD، وهما متساويان. نرى إذاً مقدار AB أكبر من مقدار CD بقيمة مقدار ΘA. غير أننا كنا نراه من النقطة E أكبر من المقدار AZ. لكن AZ أكبر من AΘ. إذا انخفضت العين إذاً، فإن ما نراه من المقدار الأكبر، بالإضافة إلى المقدار الأصغر، هو أكبر مما كنا نراه قبل ذلك. هذا ما أردنا بيانه[٢٨].

---

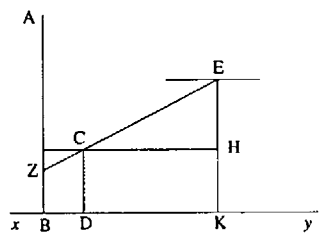
(٢٨) أقليدس، علم المناظر: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٦٥ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 62ʳ, and (Leyde, Or. 133), fol. 85-86.

الشكل رقم (١ ـ ٥)



لنلاحظ بهدف التلخيص أن النصوص G_1 وA وK (بالنسبة إلى K، انظر لاحقاً) تأخذ قطعتين مستقيمتين AB و CD عموديتين على المستوي الأفقي xy؛ وتفترض أن $AB > CD$، وأن العين موجودة في الزاوية CDy على ارتفاع $EK = h$، بحيث يكون $h > CD$.

الشكل رقم (١ ـ ٦)



في النص G_1، تتحرك العين على خطٍ موازٍ لِ xy، وتُدْرَس تغيّرات AZ تبعاً لهذا التحرك. في النص G_2، لاحظنا أن هذا التحرك غير واضح، لكنه لا يحصل إطلاقاً على الخط الموازي لِ xy. تُدْرس أيضاً تغيرات AZ. في النص A، وكذلك في K، تنتقل العين على خط عمودي على xy، مع بقائها فوق النقطة H؛ ويُدْرس تغير ZB للمقدار AB، الذي يُرى «في الوقت نفسه مع CD». ومن الواضح أن هذا الاختلاف لا يمكن أن يكون من فعل أحد المترجمين. أخيراً، وهذه المرة أيضاً يستخدم النصان A وK الأحرف نفسها المستخدمة في G_1 لتحديد الأشكال. ويبدو أن هذه المناقشة السريعة تُهدينا إلى سبيل من أجل التعرف على مجموعتين كبيرتين من تقاليد المخطوطات، تتحدران من سلف واحد. تضم المجموعة الأولى A و K، وتضم الثانية G_1. ويحتمل كثيراً أن يكون النص G_2 تنقيحاً لإحدى مخطوطات المجموعة الثانية. لنتابع تحليلنا.

سنبدأ بالإشارة إلى بعض النقاط البارزة، قبل أن نتناول مثالاً جديداً.

ـ إن الملاحظات التي أُبديت حول القضية رقم (15) يمكن تكرارها في ما يتعلق بالقضية رقم (16)، حيث تدرس الحالة $h < CD$.

ـ القضية رقم (18) تتناول تحديد الارتفاع بواسطة الشعاع الشمسي.

إن موقع العين المعطى في G_1 (الذي لا مبرر منطقياً لوجوده) هو غير موجود في جميع النصوص الأخرى، A وK وG_2. فضلاً عن ذلك، إن العرضين في G_2 وA لا يشيران إلى الشمس، بخلاف ما يجري في G_1. ويحافظ النص A على الأحرف نفسها المستخدمة في G_1 لتحديد الأشكال، لكن ترتيب النِسَب قد غُيِّر.

ـ تتناول القضية رقم (20) تحديد عمق ما. في النص G_1، نجد العين E والشعاع الشمسي ED (ὄμμα δὲ ἔστω τὸ E ... ἡλίου ἀκτὶς ἡ EΔ)[٢٩]، وهذا ما لا معنى له. فالأمر يتعلق بشعاع بصري، كما ورد في النصين A و K. أما بالنسبة إلى النص G_2 فهو لا يُورِد سوى مصطلح «شعاع». والشكل مختلف في هذا النص ويتضمن قطعة مستقيمة هي AK، رُسِمت دون أن تُستخدَم. وهذا الشكل نفسه نجده في النص A والذي يستخدم دائماً الأحرف نفسها الموجودة في G_1 لتحديد الأشكال. وهناك قطعة مستقيمة هي BC ترد في النص A، لكنها لا تلعب أي دور في البرهان الذي هو قريب جداً من البرهان الوارد في G_1، مع تغيير وحيد في ترتيب النسب. في النص K نجد الشكل نفسه الوارد في A وG_2.

ـ في القضية رقم (21)، التي تتناول تحديد طول معين، نجد أن النصين G_1 وG_2 قريبان من بعضهما. لكن الشكل في النص الأول هو مثلث عادي، في حين أنه في النص الثاني، ودونما داع لذلك، مثلث قائم الزاوية. الشكل في النص A هو نفسه الموجود في G_2، ونجد في الشكل وفي النص أيضاً الأحرف نفسها المستعملة في G_1 لتحديد الأشكال؛ أما ترتيب النِّسَب فهو وحده الذي عُدِّل.

ـ القضية رقم (22) تعرض أنه إذا كانت العين على مستوي قوس

(٢٩) Heiberg, Ibid., p. 30, lines 15-18.

الدائرة، فإنها تراه بشكل قطعة مستقيمة. يقدم النص G_2 برهاناً لهذه القضية. في هذا البرهان، يتم استخدام مركز الدائرة، لكن الاستنتاج غير مثبت. وعلى أية حال، إن عرض القضية والشكل أيضاً يردان في A. وفي النص K، لا يستخدم الكندي مركز الدائرة. لكن هذا العرض وكذلك الشكل لا يردان في النص G_2 الذي لا يقدم سوى «البرهان الآخر»[*] الثاني الوارد في G_2. وهذا «الشكل الآخر» يتضمن نتائج يتم التأكيد عليها دون برهان. وسنعود لنتناول هذه القضية لاحقاً.

لنتوقف الآن عند القضية رقم (28)، بهدف تحليلها بشكل أكثر تفصيلاً. في النص G_1 يُكتب عرض هذه القضية على الشكل التالي:

إذا نُظر إلى أسطوانة بعين واحدة بأي طريقة كانت، (ὁπωσδηποτοῦν ... ὁρωμένου)، فإنه يُرى أقل من نصف الأسطوانة[٣٠].

أشار هيبرغ إلى بعض التناقضات بين وضعية العين «بأي طريقة كانت» الذي تم التأكيد عليه في العرض، وبين الواقع حيث البرهان لا يتناول إلا الحالة التي تكون فيها «العين على المستوي نفسه الذي توجد فيه قاعدة الأسطوانة».

نبدأ بتقديم عرض القضية في كل من النصين G_1 و A، بشكل مواجه، لنرى كيف تتطور النصوص المختلفة.

< عرض القضية رقم (28)[**] >

A	G_1
إذا كانت أسطوانة ونظر إليها من أي المواضع كان، فإن الذي يرى منها أقل من نصفها.	إذا نُظر إلى أسطوانة بعين واحدة بأي طريقة كانت (ὁπωσδηποτοῦν ... ὁρωμένου)، فإننا نرى أقل من نصف الأسطوانة.

(*) لفهم المقصود بالبرهان الآخر، لا بد من العودة إلى الجدول رقم (١ ـ ١) الذي يتضمن التطابقات والاختلافات بين القضايا العائدة إلى النصوص G_1 وG_2 وA و K وT وJ (المترجم).

(٣٠) المصدر نفسه، ص ٤٦، السطر ١٢ ـ ١٣، و: Euclide, *L'Optique et la catoptrique: Oeuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 20.

(**) من أجل المقارنة بين الأشكال التي تستخدم فيها الأحرف اللاتينية والأشكال التي تستخدم =

<البرهان>

A

فلتكن أسطوانة ويكون مركز قاعدتها نقطة A. ونُدير على نقطة A دائرة BC؛ وموضع البصر نقطة D؛ وتكون نقطة البصر وسطح قاعدة الأسطوانة الذي عليه BC في سطح واحد. ونصل نقطة D بنقطة A بخط DA، ونُخرِج من نقطة D شعاعي DB، DC ويكونان مماسين للدائرة. ونُخرج من نقطتي B و C اللتين على الأسطوانة خطّي BE، CZ على زوايا قائمة، ونخرج البسيطين اللذين على BE و DB وعلى CZ وDC فتَبيَّنَ أنه ليس واحد منهما يقطع الأسطوانة لأنهما مماسّان «البسيط الأسطوانة»، من أجل أن خطي DB، DC مماسان وخطّيْ BE وCZ أيضاً مماسان. وقطعة BC تُرى من شعاعي BD، DC، وهي أقل من نصف دائرة. فَبِقَدْرِ ذلك يكون الذي يُرى من الأسطوانة، و«ذلك ما أردنا أن نُبيِّن»(٣١).

G_1

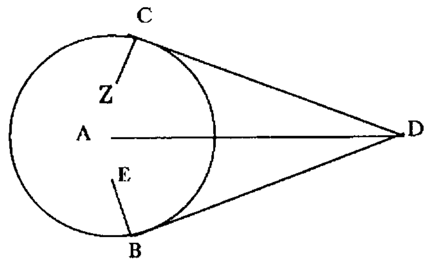
لنأخذ أسطوانة، مركز قاعدتها النقطة A. لنرسم الدائرة BΓ حول النقطة A، ولنضع العين على المستوي نفسه حيث توجد قاعدة BΓ الأسطوانة. لنرسم خط الوصل ΔA من النقطة Δ إلى النقطة A.

لنرسم من النقطة Δ الشعاعين ΔB و ΔΓ، وليكونا مماسين للكرة. أخيراً، نرفع من النقطتين B و Γ بزاوية قائمة ضلعي الأسطوانة BE وΓZ، ونمدّد المستوي المار بالخطين المستقيمين ΔB و BE، وكذلك المستوي المار بالخطين المستقيمين ΔΓ و ΓZ. لا يقطع، إذاً أي من هذين المستويين الأسطوانة، لأنهما مماسان، وذلك لأن الخطين المستقيمين ΔB و ΔΓ مماسان، وكذلك الخطان المستقيمان BE وΓZ. وبالتالي، فإن القطعة BΓ، الأصغر في نصف الدائرة، ترى

= فيها الأحرف العربية، نقدم لائحة الأحرف اللاتينية المستخدمة وما يقابلها من الأحرف العربية: A ـ أ، B ـ ب، C ـ جـ، D ـ د، E ـ هـ، F ـ و، G ـ ز، H ـ ح، H′ ـ خ، I ـ ط، I′ ـ ظ، J ـ ي، K ـ ك، L ـ ل، M ـ م، N ـ ن، O ـ ع، O′ ـ غ، P ـ ف، Q ـ ق، R ـ ر، S ـ س، V ـ ت، U ـ ص، U′ ـ ض، X ـ ش، Z ـ ذ (المترجم).

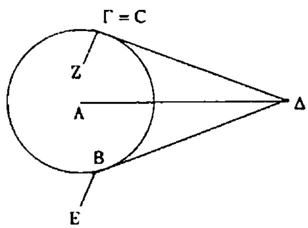
(٣١) أقليدس، علم المناظر: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٧٢ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 64v, and (Leyde, Or. 133), fol. 90.

الشكل رقم (١ ـ ٧)



تحت الشعاعين $B\Delta$و $\Delta\Gamma$. نرى إذاً، بالطريقة نفسها، أقل من نصف الأسطوانة. «إذا نُظر إلى الأسطوانة بعينين اثنتين، فمن الواضح أنه تنطبق عليها أشياء قد ذكرت بالنسبة إلى الكرة»[٣٢].

الشكل رقم (١ ـ ٨)



في ما يتعلق بالنص، إذا أخذنا بعين الاعتبار مشاكل ترجمة النص اليوناني إلى العربية، فإننا نرى أن المقطع الأخير في G_1، الموضوع بين مزدوجين، غير موجود في A. بالمقابل، إن العبارتين في A (المشار إليهما أيضاً بمزدوجين) غير موجودتين في G_1، والأولى هي الأهم: «البَسيط الأسطوانة». في ما تبقى نرى أن نصَّي القضية متماثلان، باستثناء عرضهما للاستنتاج بشكل مختلف إلى حدّ ما. لكن الأمر يتعلق بصياغة الجُمَل أكثر مما هو عائد لاختلاف حقيقي. وهكذا، في النصين وبعد رسم المماسين DB و DC لدائرة القاعدة، الخارجين من العين D، تتم الإشارة إلى الخطين المولِّدين BE وCZ. وبذلك يكون المستويان المماسان للأسطوانة قد تحدّدا. عند ذاك يفترض الاستنتاج مُسَبَّقاً أنَّ القوس BC الواقع من جهة العين هو أصغر من نصف دائرة.

بعد هذه القضية يرد «شكل آخر» مخصص لا لإعطاء برهان آخر لها، بل لإثبات خاصة القوس BC المسلّم بها سابقاً. غير أن هذه الخاصة قد أُثبتت في القضية رقم (23) واستخدمت في القضية رقم (27) دون أن يشار إلى ذلك بشكل واضح. لذلك كان يكفي الاستناد إلى برهان الهندسة

(٣٢) Heiberg, Ibid., p. 46, line 14 - p. 47 - line 8, and Euclide, Ibid., pp. 20-21.

المستوية، الوارد في القضية رقم (23) والمكرر هنا في «الشكل الآخر». على أي حال، نلاحظ أن هذا الشكل الآخر، سواء أكان أصيلاً أم لا، يرد في G_1 و G_2 وA و K. ويعالج النص A (انظر القضية رقم (30)) بشكل مماثل هذا الإثبات للقضية المطروحة. لكن، نجد هنا بعض الاختلافات المثيرة للاهتمام بين النصوص المختلفة.

قبل مناقشة هذه الاختلافات نذكّر بما سبق وورد في الجدول، فباستثناء العرض، لا يقدم النص G_2 أي برهان للقضية رقم (28). إن إجماع النصوص الثلاثة المستقلة G_1 و A و K على إعطاء برهان القضية، يظهر أن الأمر هنا يتعلق بإغفال لهذا البرهان في النص G_2 أو في أحد النصوص التي صدر عنها نص G_2، ولا يتعلق بإضافته في G_1 وA وK. إذاً، إن النص G_2 بدلاً من أن يقدم هذا البرهان، يورد «الشكل الآخر» وكأنه إثبات للقضية رقم (28). دون الاكتراث بالتناقض الناجم عن ذلك، مما يدل على ضعف مستوى الكتابة فيه. ومن أجل فهم الاختلافات بين النصوص، نورد في ما يلي «البرهان الآخر» في G_1 و G_2 وA.

A

لِنَخُطّ دائرة يكون مركزها نقطة A وتكون نقطة Z قائمة ونصل نقطة A بنقطة Z بخطّ AZ، ونُخرج من نقطة A عن جنبي AZ خط CD على زوايا قائمة. فخط CD قطر الدائرة. ونُدير على خط AZ دائرة عليها $ABZE$، ونصل AB، BZ، ZE، EA. فَخَطّا ZE BZ مماسان للدائرة من أجل أن

G_2

في الواقع، ليكن K مركز الدائرة المحيطة بقاعدة الأسطوانة؛ نرسم الخط المستقيم NK من العين N إلى المركز K، ونرسم على هذا الخط، من النقطة K، الخط المستقيم $B\Gamma$ بزاويتين قائمتين. لنرسم الدائرة حول الخط المستقيم KN، ولنرسم خطوط الوصل NZ

G_1

«الشكل الآخر». لتكن دائرة مركزها النقطة A، ولتكن Z النقطة الواقعة في الخارج. لنرسم خط الوصل AZ من النقطة A إلى النقطة Z، ولنرفع، في النقطة A، الخط المستقيم $\Gamma\Delta$ بزاويتين قائمتين من جهتي الخط المستقيم AZ. الخط المستقيم $\Gamma\Delta$ هو إذاً قطر

زاويتي B و E قائمتان. فلأنه وقع شعاعَيْ ZB، ZE على محيط الدائرة من نقطة Z، يكون يرى الدائرة التي عليها BA ولكن CBED نصف دائرة فـ BE إذاً أقل من نصف دائرة. ووضعنا هذا الشكل من أجل العُمُد والأساطين؛ فإنه إن خرج من نقطتي B و E العمد والأساطين على زوايا قائمة تكون مماسة لها في الناحية التي يقع عليها الشعاع ويستر عن البصر ناحية BCDE ويكون الذي يرى ناحية BE التي هي أقل من نصف الدائرة. وبُعد ذلك يكون الذي يرى من العمد والأساطين. وذلك ما أردنا أن نبيِّن[٣٣].

وNK وNΔ وΔK. عند ذاك، تكون الزاويتان في النقطتين Z و Δ قائمتين؛ إذاً، إن الخطين المستقيمين ZN وNΔ هما مماسان في نقطة واحدة، والشعاعان الخارجان من العين N يقعان وفق الخطين المستقيمين NZ وNΔ؛ بحيث يكون القوس ZΛΔ هو وحده المرئي. لكن القوس ZΛΔ هو أصغر من نصف الدائرة ΓΛB؛ إذاً يكون القوس ZΛΔ مرئياً أصغر من نصف الدائرة؛ وهذا ما تظهره الأسطوانة، لأننا نثبت ذلك على سطح الأسطوانة كله بالطريقة نفسها المعتمدة لقاعدتها؛ بحيث إن ما يظهر هو أقل من نصف الأسطوانة كاملة[٣٤].

للدائرة. لنرسم الدائرة A B Z E حول الخط المستقيم AZ، ولنرسم خطوط الوصل AB وBZ وZE وEA. إن الخطين المستقيمين ZB وZE هما إذاً مماسان لأن الزاويتين في النقطتين E وB هما قائمتان. عند ذاك، بما أن الشعاعين BZ وZE يقعان من النقطة Z على محيط الدائرة، ينتج عن ذلك أننا نرى الجزء BE من الدائرة. غير أن الجزء ΓBEΔ هو نصف دائرة؛ إذاً يكون الجزء BE أصغر من نصف الدائرة.

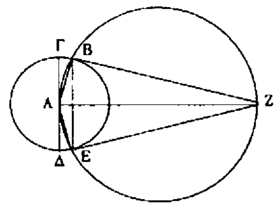
غير أن هذه المبرهنة تستخدم للمخروطات والأسطوانات؛ لأنه إذا كانت أضلاع الأسطوانات، بزوايا قائمة، مرسومة من

---

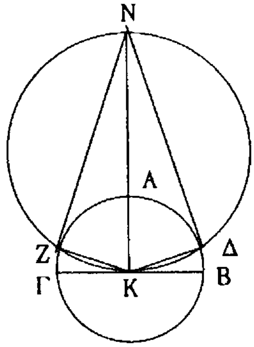
(٣٣) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٧٢ ظ ـ ٧٣و، و (Leyde, Or. 133), fol. 90-91.

(٣٤) Heiberg, Ibid., p. 188, line 19- p. 190, line 3, and Euclide, Ibid., p. 72.

الشكل رقم (١ ـ ٩)

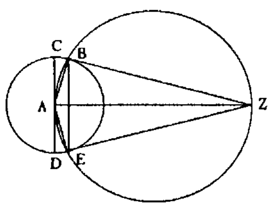


الشكل رقم (١ ـ ١٠)



النقطتين B و E، فإنها تكون مماسة للأسطوانات، وتسقط الأشعة على هذا الجزء؛ إن الجزء BΔE يصبح خارج مجال الرؤية، ويكون الجزء BE نصف الدائرة هو المرئي. بالتالي، يكون هذا الجزء الأصغر نفسه من المخروطات هو المرئي[٣٥].

الشكل رقم (١ ـ ١١)



إن الملاحظة الأولى التي تفرض نفسها هي أن G_1 وA يقدمان في ما هو أساسي النص نفسه المخصص لإثبات الخاصة المتعلقة بالقوس BE. إذاً، بخلاف ما كان يمكن اعتقاده، لا يوجد أي سبب لأن تكون الفقرة الأخيرة في هذا «الشكل الآخر» أقل أصالة، أو أن تكون مُحَرَّفة، بالمقارنة مع بقية

(٣٥) المصدران نفسهما، ص ٤٨، السطر ٩ ـ ٢١ وص ٢١ ـ ٢٢ على التوالي.

فقرات «البرهان الآخر»[٣٦]. يبقى أنه في النص العربي نجد كلمة «عُمد» (الخطوط العمودية) بدلاً من كلمة «مخروطات». في الحقيقة، إن الكلام عن «المخروطات» ليس مبرراً بَعْدُ ـ فدراستها ستبدأ لاحقاً ـ ويبدو أن النص العربي قد حافظ هنا بشكل أفضل على قراءة النموذج الأصلي.

إن قراءة G_2 تظهر إذاً أن «الشكل الآخر» قد وضع حيث لا ينبغي له أن يكون. بالإضافة إلى ذلك، لا يستخدم G_2 على الإطلاق الخطوط المولِّدة، كما أن استنتاجه غير واضح. إذ إن «الشكل الآخر» يشير في نهايته إلى أن ما هو حاصل في مستوي القاعدة ينطبق أيضاً على أي مستوٍ موازٍ للقاعدة. لكن ذلك لا يسمح بالاستنتاج، فالعين بموجب الافتراض ثابتة على مستوي القاعدة. لذلك لا يعطي النص برهاناً موافقاً للعرض، بل يكتفي بعرض «الشكل الآخر» كما هو.

إلا أن هذا الخطأ هو أكثر من أمر طارىء في النص G_2. ففي القضية التالية ـ القضية رقم (29) من النص G_1 ـ التي تدرس ما يحصل عندما تقترب العين من الأسطوانة، إن النصين G_1 وA، وعلى الرغم من بعض الاختلافات النصية، يعتمدان في ما يتعلق بموقعي العين الطريقة المُستخدَمَة في القضية رقم (28). في حين أن النصِ G_2 ينطلق من «الشكل الآخر» ويقدم استنتاجه دون الإشارة إلى الخطين المولِّدين في نقطتي التماس والموافقين لموقعي العين المشار إليهما. نلاحظ هنا أن النص A هو أكثر كمالاً من النص G_1.

يدفعنا هذا البحث إلى الاعتراف بأن الفرق بين النصين G_1 وG_2 لا علاقة له بمسألة العرض ـ التطوير أو التنقيح بل يرتبط ببنية كل من هذين النصين. وهذا يتجلى أيضاً، بشكل واضح تماماً، عند دراسة مثال أخير هو القسم الأخير من القضية رقم (35).

إن القضية رقم (35) من «**علم المناظر**» كانت دائماً تثير اهتمام المؤرخين، نظراً لوجودها في الكتاب السادس من **المجموعة الرياضية** *(Collection mathématique)* لِ بابوس (Pappus). وهكذا نملك مصدراً من القرن الرابع يتناول هذه القضية. في كتاب «**علم المناظر**»، استند إثبات هذه القضية إلى عدة قضايا تمهيدية احتلت موقعاً مهماً في هذا الكتاب. والمقارنة

(٣٦) انظر: Euclide, Ibid., p. 22, note no. (1).

لقسم على هذا القدر من الضخامة ستكون طويلة ومملة. لذلك لن نتناول هنا سوى القضية التمهيدية الأولى.

قبل المباشرة بالمقارنة، لا بد من التذكير بالسياق الذي وردت فيه هذه القضية التمهيدية أي بالمسألة البصرية التي واجهها أقليدس. فهو، في الواقع، يدرس في القضية رقم (34) الزوايا التي بها تَرَى العين B أقطار دائرة مركزها A. في البداية يميز بَيْنَ ثلاث حالات:

أ) BA عمودي على مُستوي الدائرة.

ب) BA غير عمودي على هذا المستوي، لكنه مساوٍ لشعاع الدائرة.

في هاتين الحالتين: إن أي قطرين من الدائرة يبدوان متساويين.

ج) BA غير عمودي على مستوي الدائرة وغير مساوٍ لشعاعها؛ في هذه الحالة، إذا شكّل القطران المأخوذان زاويتين متساويتين مع BA، فإنهما يبدوان متساويين.

هذه هي الحالات التي تدرسها القضية رقم (34).

من الطبيعي تماماً، أن تطرح بعد ذلك مسألة معرفة ما يحصل عندما يكون BA غير عمودي على مستوي الدائرة وغير مساوٍ لشعاعها ولا يشكل مع القطرين زاويتين متساويتين. من أجل دراسة هذه المسألة بالذات كُرست القضية رقم (35). لذلك تأتي هذه القضية في زمانها ومكانها في «علم المناظر». فهي في تواصل تام مع القضية رقم (34)، وأصالتها، كما يبدو لنا، لا تثير أي شك. وهذا التواصل، من جهة أخرى، مطبوع أيضاً بأسلوب العرض في G_1 كما في A وK. والعرض في G_1 هو التالي:

من جهة أخرى، إذا (ἐὰν δὲ) لم يكن الخط المستقيم، الواقع من العين على مركز الدائرة، بزوايا قائمة على مستوي الدائرة، وإذا لم يكن مساوياً للخط المستقيم الخارج من المركز، ولا يتضمن زوايا متساوية (μήτε ἴσας γωνίας περιέχουσα) فإن القطرين اللذين يشكل معهما هذا الخط المستقيم زاويتين غير متساويتين، يبدوان غير متساويين[٣٧].

---

(٣٧) المصدر نفسه، ص ٢٧ ـ ٢٨، و Heiberg, Ibid., p. 64, lines 23-27.

إن هذا العرض، كما ورد، يتضمن بكل وضوح إغفالاً؛ إذ لا نعرف بدقة مع أي شيء هذا الخط المستقيم «لا يتضمن زوايا متساوية».

وهذا الإغفال، الذي تمّت الإشارة إليه[٣٨]، له هنا أهميته. ذلك أن هذه الجملة في النص G_2 هي إلى حد ما أَكْمَلُ مما هي في النص G_1، حيث نقرأ «ولا يتضمن زوايا متساوية مع <الخطوط المستقيمة> الخارجة من المركز»[٣٩].

وهذا الفرق بين النصين G_1 وG_2 يبدو نتيجة لحادث نصّي. في الحقيقة يقدم لنا النص A قراءة أخرى تظهر، على الأقل، مدى الصعوبة التي واجهت المترجم العربي في هذا الموضع. إذ يتضمن هذا العرض عشر كلمات تقريباً زيادة على الكلمات التي نقرأها في G_1 وG_2. وفي ما يلي نقدم العرض الكامل الوارد في النص A لهذه القضية نفسها:

حيث تكون الزوايا العالية متساوية، أعني الصغرى للصغرى والكبرى للكبرى، فإنَّ الأقطار عند ذلك ترى متساوية[٤٠].

المعنى واضح: إن ميل هذا الخط المستقيم يجب أن يكون على كل واحد من القطرين، مع الافتراض أن الزوايا الحادة غير متساوية، وكذلك الزوايا المنفرجة. إن عرض النص A هو الذي يجب أخذه بعين الاعتبار، على الرغم من الصعوبة الواضحة التي واجهها المترجم.

نشير الآن إلى أن النصوص الثلاثة G_1 وG_2 وA، التي يجب إضافة K إليها تتناول حالة خط مستقيم مائل لا يشكل زاويتين متساويتين مع القطرين، ولا يكون مساوياً للشعاع. غير أننا لاحظنا منذ فترة بعيدة جداً أن بابوس، في القضية رقم (51) من الكتاب السادس من **المجموعة الرياضية** يقدم عرضاً معادلاً لعرض القضية رقم (35) من «**علم المناظر**». إلا أن عرض بابوس لا يشير إلى الحالة المثيرة للاهتمام في هذه القضية،

---

(٣٨) Euclide, Ibid., p. 27, note no. (1).

(٣٩) Heiberg, Ibid., p. 202, lines 26-27.

(٤٠) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٧٦ظ - ٧٧ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 67r, and (Leyde, Or. 133), fol. 94.

وهذه الحالة سترد فقط في نهاية مَقْطَعَيْ النص[٤١]. والعرض الذي يقدمه بابوس هو التالي:

إذا كان الخط المستقيم، الخارج من العين والواقع على مركز الدائرة، ليس على زاوية قائمة مع مستوي <الدائرة>، وغير مساوٍ للشعاع لكنه أكبر أو أصغر، فإن قطري الدائرة يبدوان غير متساويين[٤٢].

نرى بوضوح أن بابوس لا يذكر الحالة التي يظهر فيها قطران متساويين. هذا يعني أن عرض النص A هو الأكثر كمالاً بين العروض الواردة في نصوص «**علم المناظر**».

لبرهان هذه القضية، أتْبَعَ النصُ G_1 وكذلك النص G_2 القضية ببضع قضايا تمهيدية هي في النص A بمثابة قضايا. والقضية التمهيدية رقم (A35) في النص G_1 مكرَّسَة لإثبات أن الزاوية، المشكلة من خط مستقيم ومن مسقطه على مستوٍ، هي الأصغر بين الزوايا المشكلة من هذا الخط ومن أي خط مستقيم موجودٍ على المستوي ومارٍ بنقطة التقاء الخط ـــ مع هذا المستوي فإذا كانت A نقطة وكان AE خطاً مستقيماً في مستوي $(\mathscr{P})$ و B نقطة خارج هذا المستوي، بحيث يكون $B\Gamma\perp(\mathscr{P})$ وكذلك $A\neq\Gamma$، يكون المطلوب إثبات أن:

$$\widehat{BA\Gamma} < \widehat{BAE}$$

في G_1، يوجد في المقطع الأول البرهان على أن $B\Gamma\perp\mathscr{P}$ وأن $\Gamma Z\perp AE$، فَيَنْتُجُ من ذلك $BZ\perp AE$.

بذلك، ودونما إثبات، يتم تطبيق «مبرهنة الأعمدة الثلاثة».

---

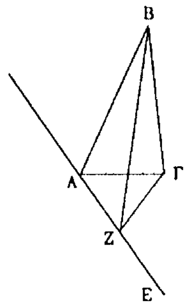
(٤١) Heiberg, Ibid., p. 64, lines 4-21, and Euclide, *L'Optique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 27.

(٤٢) انظر: F. Hultsch, ed., *Pappi Alexlandrini Collectio*, 3 vols. (Berlin: [n. pb.], 1876), vol. 2, p. 568, lines 80-83, and Pappus d'Alexandrie, *La Collection mathématique: œuvre traduite pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, nouveau tirage (Paris: [s. n.], 1982), tome 2, p. 446.

يُستنتج بعد ذلك من = $\widehat{AZ\Gamma}$ = زاوية قائمة، المتباينة:

$$A\Gamma > AZ \qquad (١)$$

الشكل رقم (١ ـ ١٢)



وأخيراً بعد التذكير بأن $\widehat{A\Gamma B}$ = زاوية قائمة و$\widehat{AZB}$ = زاوية قائمة، يرد ما يلي:

بحيث يكون الخطان المستقيمان ΓB وBZ غير متساويين. بالتالي إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ZA وAB هي نفسها أيضاً أكبر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB[٤٣].

نلاحظ من جهة أن النص G_1 لم يحدِّد أن $BZ > B\Gamma$، وهذا ما يمكن استنتاجه من (١) بتطبيق مبرهنة فيثاغوروس في المثلثين القائمي الزاوية AΓB وAZB. لكنه من جهة أخرى لا يوجد إثبات للمتباينة:

$$\widehat{ZAB} < \widehat{\Gamma AB} \qquad (٢)$$

بين زاويتين تنتميان إلى مثلثين لهما الوتر نفسه AB، ويحققان العلاقة (١) وكذلك $BZ > B\Gamma$.

وهذه القضية التمهيدية نفسها نجدها في النص G_2 (انظر القضية رقم (36a)). وهي، في G_2، تتضمن قضيتين تمهيديتين مساعدتين غير موجودتين في G_1 وK، ونسميهما على التوالي 36b و 36c. وهاتان القضيتان

(٤٣) Heiberg, Ibid., p. 68, lines 16-17, and Euclide, Ibid., p. 29.

التمهيديتان مخصصتان بالتحديد لبرهان القضايا والمتباينات التي لم يتم إثباتها في G_1 و A و K. القضية التمهيدية الأولى ـ 36b ـ تتعلق بالمبرهنة المعروفة بـِ «مبرهنة الأعمدة الثلاثة» والتي رأينا تطبيقها في G_1. وإذا كنا قد أشرنا عدة مرات إلى أن القضية التمهيدية نفسها ترد عند بابوس، وذلك في القضية رقم (VI.43) من **المجموعة الرياضية**، إلا أننا، كما يبدو، لم نركز بشكل كافٍ على الاختلافات. فالبرهان في G_2 مُتَعارَفٌ عليه، ويتم بواسطة تعامد الخطوط المستقيمة والمستويات، في حين أن برهان بابوس يتم بتطبيق مبرهنة فيثاغوروس على المثلثات ΒΓΖ وΒΓΑ وΑΓΖ القائمة الزاوية بموجب الافتراض الوارد في التعريف رقم (٣) من الكتاب العاشر من الأصول لأقليدس.

من جهة أخرى، تهدف القضية التمهيدية رقم (36c) إلى استنتاج العلاقة (٢) من العلاقة (١). أما في القضية التمهيدية (36a) من النص G_2 فقد تم إثبات العلاقة (١) في المثلثين القائمي الزاوية ΑΒΓ وΑΒΖ اللذين يملكان الوتر المشترك AB، من أجل استنتاج:

$$\frac{\mathrm{BA}}{\mathrm{AZ}} > \frac{\mathrm{BA}}{\mathrm{A\Gamma}}$$

وهذه المتباينة غير موجودة في G_1، لكنها ترد في A. لقد استخدمت إذن هذه المتباينة كفرضية في القضية رقم (36c) من أجل إثبات المتباينة (٢). هذه المرة أيضاً تبرز ملاحظتان:

١. في القضية رقم (A36) الواردة في K، حيث النص لا يتميز بالوضوح، نجد شرحاً لهذه المتباينة.

٢. في القضية رقم (VI.42)، يعالج بابوس، ودائماً بهدف إثبات هذه المتباينة، حالة أَعَمُّ قليلاً، حيث يستخدم مثلثين قائمي الزاوية ليس لهما وتر مشترك. من جهة أخرى، إن هذه الحالة هي إلى حد ما غير ضرورية، لأن بابوس نفسه لا يطبقها إلا في حالة الأوتار المتساوية، كما أنها لم تطبق في النصوص G_1 وG_2 وA وK. على أي حال، إن البراهين الواردة في G_2 وعند بابوس وفي شرح النص K تختلف في ما بينها.

انطلاقاً من هذا التحليل التمهيدي، وعلى الرغم من وجود النصين G_1 وA في مجموعة واحدة يضاف إليها النص K، نلاحظ أن هناك عناصر

مشتركة بين A وG_2. أما حالة النص K، فإن تحديدها هو أكثر صعوبة هذه المرة بسبب غموض النص. ومن جهة أخرى، إن احتواء النص G_2 على قضيتين تمهيديتين مساعدتين بهدف إثبات ما طُرِحَ في القضية دون تبرير - وأقول هذا عن النص G_2 وحده - يثير على الأقل مسألة أصالة هاتين القضيتين التمهيديتين المساعدتين. وهذه المسألة ترغمنا، أكثر من المسائل الأخرى، على العودة إلى النصوص نفسها، وقبل كل شيء إلى نص G_1[٤٤].

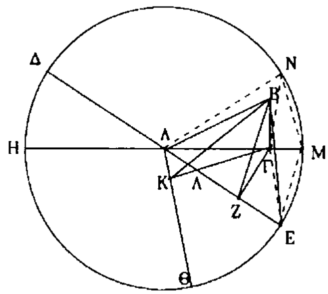
لتكن دائرة مركزها النقطة A، ولتكن النقطة B هي العين بحيث إن العمود الخارج منها على الدائرة لا يقع على المركز A، بل خارجه، والعمود هو BΓ. لنرسم خط الوصل AΓ من النقطة A إلى النقطة Γ، وخط الوصل AB من النقطة A إلى النقطة B أقول إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB هي الأصغر بين كل الزوايا المحصورة بين الخطوط المستقيمة التي إذا أخرجت (بالعرض) من النقطة A، فإنها تشكل زاوية مع الخط المستقيم AB. لنخرج خطاً مستقيماً ΔAE (من النقطة A)؛ (أقول إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA و AB هي أصغر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين EA وAB). في الواقع، لنرسم من النقطة Γ، في المستوي، العمود ΓZ على الخط المستقيم ΔE، ولنرسم خط الوصل BZ، إن الخط المستقيم BZ هو إذاً عمودي أيضاً على الخط المستقيم ΔE. عند ذاك، بما أن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓZ وZA هي قائمة، ينتج عن ذلك أن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AΓ وΓZ هي أصغر من الزاوية القائمة. [غير أن ضلعاً أكبر تقابله زاوية أكبر؛] إذاً، إن الخط المستقيم AΓ أكبر من الخط المستقيم AZ. لكن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AΓ وΓB والزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين BZ وZA هما قائمتان؛ بحيث يكون الخطان المستقيمان ΓB و BZ غير متساويين. بالتالي، إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ZA وAB هي أيضاً أكبر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB. نبرهن بالطريقة نفسها أن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB هي الأصغر بين جميع الزوايا المحصورة

---

(٤٤) إن العبارات بين القوسين (...) غير موجودة في A وG_2، والعبارات بين المعقوفتين [...] غير موجودة في G_2 ولكنها واردة في A.

بين الخطوط المستقيمة المرسومة (بالعرض) من النقطة A والتي تشكل زاوية مع الخط المستقيم AB[٤٥].

الشكل رقم (١ ـ ١٣)



لننتقل الآن إلى القضية رقم (A39). إن عرض القضية التمهيدية مماثل للعرض الوارد في G_1 وفي G_2، باستثناء كلمة «بالعرض» التي لا ترد في A. نقدم البرهان[٤٦]:

فَنُخْرِج ΔE ونُخرِج من نقطة Γ عموداً على ΔE من ذلك السطح عليه ΓZ ونصل BZ؛ فـ BZ إذاً عمودي على ΔE. فَلأنَّ زاوية ΓZA قائمة تكون زاوية AΓZ أصغر من قائمة (والزاوية العظمى يوترها الضلع الأطول) فَضِلْعُ AΓ أطول من ضلع AZ. [فنسبة BA إذاً عند AZ أعظم من نسبتهما إلى AΓ]. ولكن زاوية AΓB وزاوية ΓZA قائمتان فيكون ΓB و BZ مختلفين، وزاوية ZAB الباقية أعظم من زاوية ΓAB.

* وعلى مثل ذلك أيضاً فَيَسْتَبين أن زاوية ΓAB أصغر من جميع الزوايا التي تكون من الخطوط التي تمر على نقطة A التي تُحدِث زوايا قائمة مع خط BA. ومربع BA مساوٍ لمربعات BΓ وΓA و وBZ وZA. ومربع BZ

---

(٤٥) المصدران نفسهما، ص ٦٦، السطر ١٩ ـ ص ٦٨، السطر ٢٠ وص ٢٨ ـ ٢٩ على التوالي.

(٤٦) العبارة بين القوسين (...) موجودة في G_1 وغير موجودة في G_2. المقطع الأخير بين *....* غير موجود في G_1 و G_2. العبارة بين المعقوفتين [...] موجودة في G_2 لكنها غير موجودة في G_1.

أعظم من مربع BΓ؛ فيبقى مربع ZA أصغر من مربع ΓA، فزاوية BAΓ أصغر من زاوية BAZ، وذلك ما أردنا أن نُبيِّن*[٤٧].

لنتوقف أخيراً عند نص النسخة G_2. إن عرض القضية التمهيدية مماثل لما نقرأه في G_1 وفي A، باستثناء جملة واحدة: عوضاً عن العبارة «. . .، تشكل زاوية مع الخط المستقيم AB»[٤٨]، نجد العبارة «. . .، وتشكل زوايا متساوية مع الخط المستقيم BA»[٤٩].

هذا هو البرهان:

في الواقع، لنرسم بشكل مستعرض الخط المستقيم ΔAE؛ لنخرج من النقطة Γ، في المستوي، العمود ΓZ على الخط المستقيم ΔE، ولنرسم خط الوصل BZ. إن الخط المستقيم BΓ هو إذاً عمودي أيضاً على الخط المستقيم ΔE. عند ذاك، بماأن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓZ وZA هي قائمة، ينتج عن ذلك أن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AΓ وΓZ هي أصغر من زاوية قائمة؛ إذاً، يكون الضلع AΓ أكبر من الضلع AZ. بالتالي، يملك الخط المستقيم BA نسبة إلى الخط المستقيم AZ أكبر من نسبته إلى الخط المستقيم AΓ. لكن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين AΓ وΓB والزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين BZ وZA، هما قائمتان، والخطان المستقيمان ΓA وAZ هما غير متساويين؛ بالتالي، إن الزاوية الباقية، المحصورة بين الخطين المستقيمين ZA وAB، هي أكبر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB. نبرهن بالطريقة نفسها أن الخط المستقيم ΓA، هو الذي من بين جميع الخطوط المستقيمة الخارجة بشكل مستعرض من النقطة A، والتي تشكل زوايا مع الخط المستقيم AB، يشكل الزاوية الأصغر المحصورة بين الخطين المستقيمين بين ΓA وAB[٥٠].

---

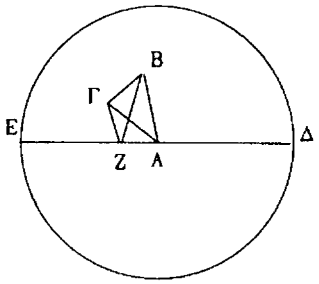
(٤٧) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٧٧ظ ـ ٧٨و؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 67v, and (Leyde. Or. 133), fol. 94 - 95.

(٤٨) Heiberg, Ibid., p. 66, line 25.

(٤٩) المصدر نفسه، ص ٢٠٤، السطر ٤.

(٥٠) المصدر نفسه، ص ٢٠٤، السطر ١٧ ـ ص ٢٠٦، السطر ٤، و Euclide, =

الشكل رقم (١ ـ ١٤)



إذا قارنّا بين هذا النص والنصين السابقين، نتوصل على الأخص إلى النتائج التالية:

١ ـ إن الجملة: «أقول إن الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين ΓA وAB هي أصغر من الزاوية المحصورة بين الخطين المستقيمين EA وAB»، الواردة في G_1 هي غير موجودة في A وG_2. يمكن اعتبار غياب هذه الجملة إغفالاً لها في أصلٍ مشترك للنصين G_2 وA أكثر مما هو إضافة لها في النص G_1.

٢ ـ إن جملة النص G_1: «غير أن ضلعاً أكبر تقابله زاوية أكبر» ترد في النسخة A على الشكل التالي: «والزاوية العظمى يوترها الضلع الأطول». وفي الواقع، يتعلق الأمر بجملة أساسية مخصصة لإثبات المتباينة (١)، وغيابها في النسخة G_2 يشير إلى إغفال لها في هذا النص أكثر مما يشير إلى إضافة لها في النصين الآخَرَيْن.

٣ ـ إن الجملة الواردة في G_2: «بالتالي، فإن نسبة المستقيم BA إلى المستقيم AZ أكبر من نسبته إلى المستقيم AΓ»، موجودة في A. إن عدم التساوي هذا بين النسبتين غير وارد في G_1، غير أنه ضروري لإثبات المتباينة (٢). لقد رأينا أن النص G_2 يأخذه كفرضية لإثبات هذه المتباينة. وهذا إغفال في النص G_1 أكثر مما هو إضافة في النصين G_2 وA.

L'Optique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une = introduction et des notes par Paul ver Eecke, pp. 79-80.

٤ ـ إن المقطع الأخير في النص A، والذي لم يَرِد في النصين G_1 وG_2، يبدو مدسوساً، ذلك أننا ننطلق من المتباينة $BZ > \Gamma B$ لإثبات المتباينة (١) بواسطة مبرهنة فيثاغوروس. وهكذا يُعرَض الاستنتاج مرة ثانية. إن أصالة هذا الحشو، في نهاية القضية، تبدو موضع ريب.

٥ ـ لاحظنا دون شك أن النص G_2، خلافاً لعادته، يستخدم لتحديد الأشكال الأحرف نفسها المستعملة في النصين G_1 وA.

٦ ـ أخيراً رأينا أن النص G_2 يتضمن قضيتين تمهيديتين مساعدتين لا تظهران في النصوص G_1 وA وK، وهما مُخَصَّصَتان لإثبات الخصائص المعروضة في القضية التمهيدية رقم (1) دون برهان. غير أن هاتين القضيتين التمهيديتين المساعدتين تردان عند بابوس. قد يتطرق إلى الذهن أن النص G_2 قد استعارهما من بابوس. لكن هذا التفسير لا يرضينا، بسبب الاختلافات بين البرهان في G_2 وذلك الموجود عند بابوس. غير أن هذا الأمر سيدخلنا في نقاش موضوعه مختلف عن موضوع هذه الدراسة.

إن التباينات والتقاربات بين النصوص المختلفة هي إذن أكثر تعقيداً مما يوحي به الخيار «تنقيح ـ تطوير». وهي لا تنحصر فقط في ما بيّناه. لن نتابع هنا هذه المقارنة المفصَّلة التي ستكون طويلة بقدر ما هي مُمِلّة. سنتناول فقط بعض السمات الإجمالية لما تبقّى من القضية رقم (35).

في القضية التمهيدية رقم (35b)، نأخذ خطاً مستقيماً، AB، ومسقطه على مستوي دائرة مركزها A، ونثبت أنه:

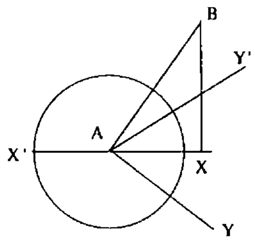
١) عندما يدور نصف خط مستقيم AY حول النقطة A انطلاقاً من الوضع من AX ($\widehat{BAX} = \alpha < \frac{\pi}{2}$)، فإن الزاوية $\widehat{BAY}$ تزداد من α إلى $\widehat{BAX'} = \pi - \alpha$ (تزايد).

٢) إذا كان نصفا خطين مستقيمين AY و'AY متناظرين بالنسبة إلى AX، فإنه يكون لدينا $\widehat{BAY} = \widehat{BAY'}$ (تناظر).

هذه القضية التمهيدية غير واردة لا في G_2 ولا في A. لقد وردت فقط في الحالة الأولى، أي حالة التزايد في النص K ضمن القضية رقم (36b)، لكنها أتت دون برهان. لقد تم إثباتها في القضية رقم (44b) عند بابوس الذي يثبت أيضاً الجزء الثاني من القضية التمهيدية في القضية رقم (44c). نشير أخيراً

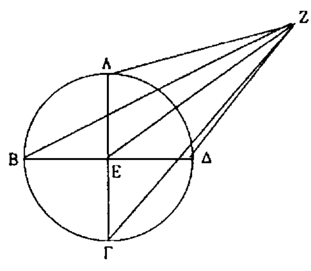
إلى أنه تم الوصول في القضية رقم (36) من النص G_1، انطلاقاً من هذه القضية التمهيدية، إلى نتيجة غير واردة في أي من النصوص الأخرى.

الشكل رقم (١ ـ ١٥)



نعود إلى القضية رقم (35) نفسها لنميز بين حالتين، تبعاً لكون الخط المستقيم EZ أكبر أو أصغر من نصف القطر. الحالة الأولى درست في القضية التمهيدية في G_1 ضمن (35c) وفي G_2 ضمن (36d) وفي A ضمن (40) وفي K ضمن (37a). والحالة الثانية درست في القضية التمهيدية في G_1 ضمن (35d) وفي G_2 ضمن (36e) وفي A ضمن (40) وفي K ضمن (37b). إن التحليل النصي المقارن، الذي لن نورِده هنا، يكشف سمات مماثلة لتلك السمات المبينة عند دراسة القضية رقم (35a).

الشكل رقم (١ ـ ١٦)



نلاحظ بخاصة أن النص G_2، الذي غالباً ما يكون ولكن ليس دائماً، أكثر اختصاراً من G_1 وA هو، في ما يتعلق بالقضية رقم (35) وبتمهيدياتها (36 وفق ترقيم النص G_2)، مسهب اسهاب النصين G_1 وA نفسه، هذا إذا لم يكن أكثر إسهاباً. إذاً، لا يوجد هنا لا تنقيح ولا تطوير. كما نلاحظ أيضاً، أن النص G_2 في معظم هذه التمهيديات، وبخلاف ما هو متبع فيها

يستخدم في تسمية الأشكال الأحرف نفسها المستخدمة في النصوص G_1 وA وK. نشير أخيراً، إلى أنه إذا كان النصان G_2 وA قريبين بشكل كافٍ، فإنه يبقى مؤكَّداً أَنَّ النصين A وG_2 مرتبطان بصلات واضحة وقوية. وهذه الصلات تنطلق من غياب قضية تمهيدية بأكملها، أي التمهيدية G_1 35b، لتصل إلى عدد من الأمور على مختلف المستويات. والأمر نفسه ينطبق على النص K، فهو، كما سنرى، مستقل عن A في علاقاته بالنصين G_1 وG_2. وهذه إشارات تظهر أن نص هذه القضية في A يرجع إلى أصل مشترك للنص G_1 وللنص الذي أعيدت كتابته في G_2. وكذلك الأمر بالنسبة إلى K. ونحن في النهاية نسجل أن النصين A وK، بالرغم من استقلالهما، هما قريبان بشكل كافٍ وكأنهما ينتميان إلى تقاليد معينة في المخطوطات. غير أن تَدَخُّل الكِندي في النص K يمنعنا من الذهاب قُدُماً في المقارنة. أما وضع النص G_2، فإنه معقد. ذلك أن تَمَيُّزَهُ عن النصوص الثلاثة الأخرى، والذي وصفناه عدة مَرّات، يعكس تمازج عِدَّة عناصر. فهو في معظم الأحيان أكثر اختصاراً من النصوص الأخرى، مما لا يسمح باعتباره عملاً تنقيحياً. إلا أن الأمر ليس دائماً على هذا الشكل، إذ إنه ليس من النادر أن يتجاوز طول فقرة ما في النص G_2 طول الفقرة نفسها في G_1. ويبدو من جهة أخرى أن النص G_2 قد نهل من أصل قديم، كما تشهد بذلك صلاته مع A وK. فهو يَتَضَمَّنُ أيضاً مقاطع مكرسة لإثبات خصائص بقيت في النسخات الأخرى دون برهان، وهذا ما يوحي بإضافات مُنَاسِبة دخلت إليه. وكلُّ شيء يدعو إلى الاعتقاد أن النص G_2 هو كتابة من نوع هجين، يتأرجح بين تنقيح ونسخ، عن أصلٍ سابق، دون أن يمنع هذا التنقيح حصول بعض التحريفات في النص. وهذا الأصل يظهر بين السطور بفضل النص G_1 بدون شك، ولا سيما بفضل النص A، وإلى حد ما بفضل K. وتحديد سمات هذا الأصل بِشَكْلٍ أفضل هي مهمة تحقيق نقدي لكتاب «**علم المناظر**».

إن هذه الاستنتاجات لا تتعلق فقط بالقضية رقم (35)، والأمر أبعد من أن يكون كذلك. إن الاستنتاجات المتعلقة بالصلات بين مختلف تقاليد النصوص يتم بالطبع استخلاصها من تحليل القضايا التي تسبق القضية رقم (35). ودراسة القضايا المتبقية من الرقم (36) إلى الرقم (58) تؤكد أيضاً، إن كان ذلك ضرورياً، هذه الاستنتاجات. ولكي لا نطيل العرض، سنكتفي بالعودة إلى هذه القضايا بشكل مختصر عند الشروحات لكتاب الكِندي **تقويم الخطأ**.

ثانياً: استقلال نصوص «علم المناظر»

إن دراسة الجدول رقم (١ ـ ١) تظهر من جهة أن ترتيب القضايا في الترجمتين العربيتين يختلف عن الترتيب في G_1 وفي G_2. وتظهر من جهة أخرى أن ترتيب القضايا في K يختلف عن ترتيبها في A وفي T وفي J.

وهو يُظْهِرُ أن ترتيب القضايا هو نفسه في النصين الأخيرين. هذا لا يعني فقط أن بنية **«علم المناظر»** تختلف من تقليد لآخر، بل يعني أيضاً أنه لا يوجد أي مبرر لتمييز أحد النصوص من غيره استناداً إلى الترتيب. ولا تَلْبَثُ أن تظهر كذلك بعض المسائل الصعبة حول الأصالة، والتي من أجل إيجاد حل لها لا بد من تحقيق نص **«علم المناظر»** انطلاقاً من جميع النصوص. وهذه مهمة ضخمة، إن لم تكن مستحيلة، وهي في جميع الأحوال تتجاوز إطار هذا الكتاب. نكتفي هنا بتقديم بعض الملاحظات لتأكيد استقلال هذه النصوص الواحد عن الآخر، ولنظهر أن الكِندي قرأ **«علم المناظر»** في ترجمة مختلفة عن تلك التي وصلتنا ـ أي عن نص A ـ وموضوعة على الأرجح انطلاقاً من نص يوناني مختلف عن النص المنقول إلى العربية في A. نشير قبل أن نتابع هذه الملاحظات إلى أن الطوسي في كتابته الخاصة قد اتّبع الترجمة A، مع إمكانية اطلاعه على مصدر آخر نجهله، ويتضمن هذا المصدر التعريفين رقمي (٥) و(٦)، اللذين لم يَرِدَا في A وفي K.

إن استقلال النصين G_1 وG_2 معترف به من الجميع، فالأمر يتعلق بنصين مختلفين. ويبدو أن هذا الأمر هو الذي أوحى لهيبرغ بإسناد G_1 إلى أقليدس وG_2 إلى ثيون الاسكندري. بعد هيبرغ كتب فير إيك بحق في تقديمه للترجمة الفرنسية التي وضعها لهذين النصين:

إن القضايا الثلاث الأولى [من G_1] هي معروضة عند ثيون [G_2] بالتعابير نفسها، ومثبتة بالطريقة نفسها تقريباً كما عند أقليدس. أما القضية الرابعة، التي عرضها هو عرض القضية الأصلية نفسه، فإن برهانها مختلف؛ لأنها لا تستخدم خطوطاً متوازية ومثلثات متشابهة. إن الاختلافات تبدأ بالازدياد انطلاقاً من القضية الخامسة؛ والعروض تصبح تارة أقل اكتمالاً وطوراً أكثر وضوحاً، والبراهين المتماثلة بشكل عام في أُسُسِها تُصْبِحُ أكثر إيجازاً في شكلها، بخاصة في عرض الإنشاءات الهندسية، فَتُزيل بالتالي تنظيم ودقة وصرامة البراهين الأصلية. من جهة أخرى، وُضعت الأشكال في

أغلب الأحيان بطريقة أخرى؛ فقد تغيرت الأحرفُ المستخدمةُ لتحديدها، كما أن عدداً من البراهين، الجديدة تماماً، هي بدَائِلُ لا يضعها ثيون [G_2] بجانب براهين أقليدس، بل يُحِلُّها مَحَلَّها. فضلاً عن ذلك، إن هذه البراهين المعطاة بطريقة ثانية ليست دائماً موفقة(٥١).

بشكل أكثر إجمالاً، إن المقارنة بين النصين G_1 وG_2 قضيةً قضيةً، تُبْرِزُ اختلافات كبيرة في أغلب الأحيان(٥٢).

لنتوقف الآن عند النص A، لنظهر أنه مستقل إلى حد كبير عن G_1 وG_2. ولْنُبَيِّنْ بعضاً من التباينات الأساسية:

١ ـ في حين يبدأ كلُّ واحد من النصين G_1 وG_2 بسبعة تعريفات أو فرضيات، فإن الترجمة العربية A لا تعرض سوى أربعة منها. ولا طائل من التفتيش في A على التعريفين الخامس والسادس، فهما ليسا غائبين عن المقدمة فحسب، بل إن ذكرهما لا يرد لاحقاً في متن النص. أما التعريف السابع فهو بالمقابل يطرح مسألة نصّية مثيرة للاهتمام. في النصين G_1 و G_2 يُكتب التعريف الرابع على الشكل التالي:

وان المقادير التي ترى من زاوية أكبر تبدو أكبر؛ في حين أن المقادير التي ترى من زاوية أصغر تبدو أصغر، وأن المقادير التي ترى من زوايا متساوية تبدو متساوية(٥٣).

أما في النصوص A وT وJ، فَيُكْتَب التعريف الرابع بالطريقة التالية:

وما أُبصر من زاوية عظيمة ظهر عظيماً؛ وما أبصر من زاوية صغيرة ظهر صغيراً؛ (وما أبْصِر من زوايا كثيرة، ظهر كثيراً)؛ والأشياء التي تُبْصَرُ من زوايا متساوية تظهر متساوية(٥٤).

---

(٥١) Euclide, Ibid., pp. xxvii-xxviii.

(٥٢) حول أصالة هذين النصين، انظر مقدمة هيبرغ ودراسته: Heiberg, Ibid., p. 90 sqq.

(٥٣) المصدر نفسه، ص ٢، السطر ١٠ ـ ١٢ وص ١٥٤، السطر ١٣ ـ ١٥، و Euclide, Ibid., p. 1 et 57.

(٥٤) أقليدس، علم المناظر: (Istanbul, topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 59v, and (Leyde, Or.133), fol. 81.

إن الفرق الحقيقي بين الصياغتين يكمن في إضافة الجملة الواردة بين قوسين إلى التعريف. لكن التعريف السابع في G_1 وG_2 يكتب على الشكل التالي:

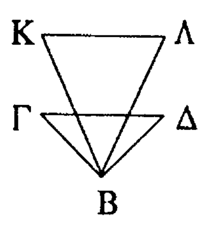
أخيراً، إن المقادير التي ترى من زوايا أكثر عدداً تبدو أكثر وضوحاً[٥٥].

في النص A، يتضمنُ التعريفُ الرابعُ إذن التعريفَ السابعَ الموجودَ في G_1 وG_2، لكنه يرد مُعدَّلاً. غير أن هذا العرض، وكذلك هذا التعديل يردان في النص K[٥٦] الذي، كما سنبيّن لاحقاً، يتعلق بترجمة أخرى وضعت على الأرجح انطلاقاً من تقليد يوناني آخر في المخطوطات.

في نهاية القضية الثانية، يظهر اختلاف آخر مرتبط بالاختلاف السابق. يتناول أقليدس في هذه القضية مقدارين متساويين ومتوازيين ΓΔ و KΛ، ويريد أن يثبت أن المقدار ΓΔ الأقرب من العين يرى بشكل أكثر وضوحاً. يبين إذن أن ΓΔ يرى تحت مزيد من الأشعة البصرية بالمقارنة مع KΛ، ويستنتج:

بالتالي، إن المقدار ΓΔ سيظهر أكثر وضوحاً من المقدار KΛ؛ لأن المقادير التي ترى من زوايا أكثر عدداً تظهر أكثر وضوحاً[٥٧].

الشكل رقم (١ ـ ١٧)



---

(٥٥) Heiberg, Ibid., p. 2, lines 19-20 and p. 154, lines 22-23, and Euclide, Ibid., pp. 2 et 57.

(٥٦) انظر في ما يلي ص ٢٢٨، السطر ١٨ ـ ٢١ من هذا الكتاب.

(٥٧) المصدران نفسهما، ص ٤، السطر ٢٢ ـ ٢٣ وص ٢ على التوالي.

إن هذه الجملة الأخيرة تظهر في A على الشكل التالي:

«وما وقع عليه الشعاع أكثر فرؤيته أصدق»[٥٨].

تضعنا هذه المقارنة أمام ثلاثة حلول على الأقل. والحل الأول يكون بقبول النص G_1، المستعاد في G_2، كما هو. عندئذ يكون لدينا سبعة تعريفات مستقلة. في هذه الحالة نكون مرغمين على اعتبار التعريفين رقمي (٥) و(٦) أصيلين. غير أننا نعرف أنهما غائبان في A وK، ليس فقط في المقدمة، بل أيضاً في متن النص؛ فهما لا يستخدمان في أي مكان من أجل إثبات قضية. وإذا عدنا إلى النصين G_1 وG_2، فإن المكان الوحيد وفق معرفتنا حيث يرد هذان التعريفان بوضوح هو نهاية القضية رقم (10)، حيث نقرأ «لأن الأشياء التي ترى تحت أشعة أكثر ارتفاعاً تبدو أكثر ارتفاعاً»، وهذه الجملة ليست سوى التعريف الخامس. غير أن هذه الجملة لا ترد في الترجمة العربية. فهي لا تبدو أساسية للبرهان، وأصالة هذين التعريفين لا بُدَّ أن تثير بعض المسائل. أما بالنسبة إلى الحلّين الآخرين، فإن أياً منهما لا يبدو مميزاً عن الآخر، لأننا سنبيّن أن لكل نص تماسكه الخاص. في الواقع نستطيع أن نتصور أن التعريف الرابع لم يكن يتضمن الجملة الموضوعة بين مزدوجين، وأن التعريف السابع قد أضيف ليسدّ هذا النقص وليكون قادراً على إثبات القضية الثانية، وبذلك نحصل على نص G_2 ونص G_1. لكننا نستطيع أيضاً أن نتصور جيداً هذه الجملة الشهيرة في موقعها ضمن التعريف الرابع، في هذه الحالة لا ضرورة لوجود التعريف السابع. وبذلك نحصل على الشكل الذي قُدِّمَ فيه كل من A وK. يبدو إذن أن كل تقليد من التقاليد النصّية، خلال مساره التاريخي، قد نَظَّمَ تماسكه الخاص به، وهذا ما يمنعنا في ما يتعلق بكتاب «**علم المناظر**» من تمييز أي تقليد منها على حساب التقاليد الأخرى.

٢ ـ هناك عدة قضايا واردة في النسختين G_1 وG_2 وغائبة في نص A. على سبيل المثال، «الشكل الآخر» 2 من القضية رقم (22) في النص G_1، الذي هو القضية رقم (22) في G_2 و«الشكل الآخر» من القضية رقم (42) في G_1، الذي هو القضية رقم (43) في G_2، لا يردان في النص A. كذلك

(٥٨) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٥٩ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 81, and (Leyde, Or.133), fol. 59v.

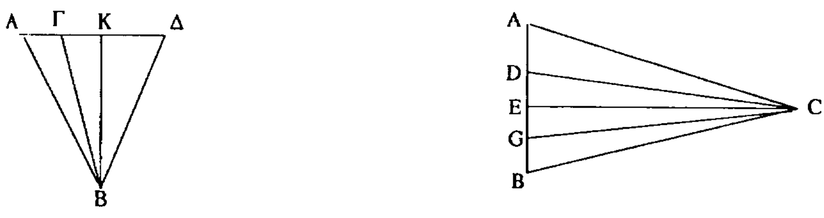
«الشكل الآخر» من القضية رقم (44) في G_1 (القضية رقم (45) في G_2)، والقضية رقم (48) في G_1، والقضية رقم (52) في G_1 (القضية رقم (51) في G_2)، كلها لا ترد في النص A.

وبالعكس من ذلك، إن القضية رقم (45b) في النص A، التي لم ترد في G_1، هي القضية رقم (40a) في G_2، والقضية رقم (47) في A، التي لم ترد في G_1، هي القضية رقم (40c) في G_2.

٣ ـ إن الاختلافات بين نصوص بعض القضايا، وإن كانت في الغالبية العظمى من الحالات لا تؤثر في تطابق هذه القضايا، هي مهمة وعديدة إلى حد لا يمكن معه نسبتها إلى الترجمة. ولتوضيح هذه الاختلافات، نأخذ مثالاً عادياً، أي مع القليل من التباين بين النصين اليوناني والعربي، وحيث يكون النص في G_1 مطابقاً للنص في G_2. ومن أجل الاختصار ـ سنعود لهذا المثال لاحقاً ـ لنتناول القضية الأولى التي تُكْتَبُ على الشكل التالي:

إن أياً من الأشياء المرئية لا يرى في الوقت نفسه بأكمله. ليكن AΔ شيئاً ما نراه، وB العين من حيث تسقط الأشعة البصرية BA وBΓ وBK وBΔ. لذلك، وبما أن الأشعة البصرية الساقطة تَخْرُج بفواصل [أي بتباعد]، فإنها تستطيع أن تقع على AΔ دون أن تكون متلاصقة، بحيث تكون على AΔ فُسحات لا تقع عليها الأشعة البصرية. وهكذا إذاً لا يُرى AΔ بأكمله في الوقت نفسه. لكننا نُحِسُّ أنه يُرى في الوقت نفسه، لأن الأشعة البصرية تمر بسرعة[٥٩].

الشكل رقم (١ ـ ١٨)



(٥٩) Heiberg, Ibid., p. 2, line 22 - p. 4, line 8 and p. 156, line 2-10.

هذا هو نص النسخة العربية A:

ليس شيءٌ من المبصَراتِ يُبْصَرُ جميعاً معاً.

< مثال > فليكن خط AB مُبْصَراً، فأقول إن خط AB لا يمكن أن يُبصَرَ جميعاً معاً. برهانه أن نجعل العين علامة C ونُخرِج شعاع CA، CD، CE، CG وCB. وشعاع CA يقع قبل شعاع CD و CD قبل CE، و CE قبل CG، وCG قبل CB. فمقدار AD يُبصَر قبل مقدار DE. فليس شيء من المبصرات يُبْصَرُ جميعاً معاً لسرعة لمح البصر. وذلك ما أردنا أن نُبَيِّن.

بين هذين النصين، نلاحظ في البداية اختلافاً شكلياً: في حين أن النص A يحافظ على شكل العرض الخاص بالقضايا الهندسية، فإن النصين G_1 وG_2 لا يُحافظان عليه. عند القراءة، يبرز اختلاف ثان أكثر أهمية بين النصين، فالنص A يتضمن محاولة للبرهان لا نجدها في G_1 وG_2. في الواقع، يرتكز الشرح في جميع النصوص على تعريف الأشعة البصرية التي تتباعد انطلاقاً من العين ولا تقع بشكل متلاصق، كما يستند إلى الانتقال السريع للأشعة من أجل تحليل هذا الإحساس بأن المقدار يُرى في آن واحد بأكمله. لكن النص A وحده، لكي يتمكن من إثبات هذه القضية هندسياً، يصوغ الفرضية التي بموجبها تقع الأشعة الواحد بعد الآخر وبالترتيب. وإذا حذفنا هذه الحجة، فإننا لا نستطيع الكلام عن برهان هندسي. وفي ما يتعلق بهذه النقطة، نشير إلى أن النص K يؤيد النص A. فالكندي، بعد أن ينتقد أقليدس بعنف، يذكره قائلاً:

وقد قال أوقليدس في أول أشكاله: إنه ليس شيء من المبصرات يبصر جميعاً معاً، وإن البصر ينتقل من شيء إلى شيء، فيُظن لسرعة انتقاله أنه يرى < جميعاً > معاً[٦٠].

٤ ـ من السهل الإكثار من الأمثلة لإظهار استقلال النص A ولتحديد موقعه النصي بالنسبة إلى G_1 وG_2. سنضيف هنا ببساطة بعض الوقائع البارزة. بعد القضية رقم (28) في G_1، كما رأينا ذلك، يرد برهان ثان، «شكل آخر»، وهو القضية رقم (28a). غير أن النص G_2 لا يتضمن القضية رقم (28)، بل نجد مكانها القضية رقم (28a) فقط. بالمقابل، يتضمن A

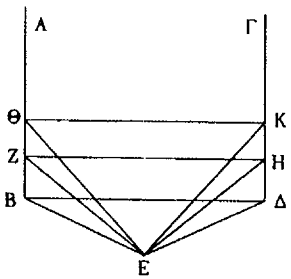
(٦٠) انظر في ما يلي ص ٢٢٩، السطر ١ ـ ٣ من هذا الكتاب.

القضية رقم (28) بالإضافة إلى القضية رقم (28a). وكذلك فإن القضيتين رقمي (37a و46) الغائبتين مع غَيرِهما في G_2 تردان في A. في حين أن «الشكل الآخر» 1 من القضية رقم (22) في G_2 لا يرد في G_2 ولا يَرِد في A.

كُلُّ هذه الإشارات تؤكِّدُ، دون أي شك، أن النص A ليس ترجمة للنص الذي يستند إليه G_1، كما أنه ليس ترجمة للنص الذي انبثق عنه G_2. وتبين هذه الإشارات أيضاً أن النص A هو تارة أقرب إلى G_1 وطوراً أقرب إلى G_2، مما يؤكد من جديد استقلاله عن هذين النصين. أن يكون النص A أحياناً أقرب إلى G_2، هذا يبدو جلياً في عدة حالات. وقد حللنا بعض هذه الحالات، وسنأخذ لذلك مثالاً آخر هو مثال القضية رقم (6) في G_1.

تتألف هذه القضية من قسمين. وفي النصوص A وK وT يُعرض هذان القسمان كقضيتين متتاليتين: القضية رقم (6) والقضية رقم (7). نتناول القسم الأول فقط حيث نقرأ في G_1:

الشكل رقم (١ ـ ١٩)



إن الخطوط المستقيمة المتوازية، المرئية عن بعد، تبدو بعرض غير متساوٍ. ليكن AB وΓΔ مقدارين متوازيين ولتكن E العين؛ أقول إن المقدارين AB و ΓΔ يبدوان بعرض غير متساوٍ، وإن العرض الأقرب يبدو دائماً أكبر من العرض الأبعد. نرسم الأشعة EB وEZ وEΘ وEΔ وEH وEK، ونرسم خطوط الوصل BΔ وZH وΘK. بما أن الزاوية BEΔ أكبر من الزاوية ZEH، ينتج عن ذلك أن الخط المستقيم BΔ يبدو أيضاً أكبر من الخط المستقيم ZH*. بما أن الزاوية ZEH أكبر من الزاوية ΘEK، يبدو الخط المستقيم ZH إذاً أيضاً أكبر من الخط المستقيم ΘK. بالتالي، يبدو

العرض BΔ أكبر من العرض ZH، والعرض ZH أكبر من العرض ΘK؛ إذاً، الخطوط المستقيمة المتوازية لا ترى بعرض متساوٍ، بل غير متساوٍ[٦١].

إذا قارنّا الآن هذا النص بالنص المقابل له في G_2، نلاحظ، بالإضافة إلى بعض الاختلافات في التعابير وتغيير الأحرف، اختلافاً مهماً بشكل خاص. وهو يظهر انطلاقاً من الإشارة * في النص السابق، ونعيد هنا كتابته (آخذين بعين الاعتبار التغيير في المصطلحات) على الشكل التالي:

كما أن الخط المستقيم ZH يبدو إذاً، أيضاً، أكبر من الخط المستقيم ΘK. بالتالي، إن الخطوط المستقيمة لا تُرى متوازية، بل بعرض مُتناقص، وهي غير متساوية؛ إن الخطوط المستقيمة المتوازية، التي ترى عن بعد، تظهر إذاً بعرض غير متساوٍ[٦٢].

إذا عدنا إلى النص A، نلاحظ أنه مختلف عن G_1 وG_2، لكنه في الوقت نفسه أقرب إلى G_2. نورد هنا النص:

الخطوط المتوازية تُرى من البعد مختلفة العرض.

<مثال> فَلْيَكُن AB، ΓΔ متوازيين، وموضع العين نقطة E. فأقول إن AB وΓΔ ترى خطوط العرض بينهما مُختلفة، والعرض الأقرب من العين يُرى أعظمَ. برهانه أن نُخْرِج شعاع EB، EZ، EΘ، EΔ، EH، ونصل خطوط العرض BΔ، ZH، ΘK؛ فزاوية BEΔ أعظم من زاوية ZEH، فَخَط BΔ يُرى أعظم من خط ZH، وكذلك يُرى خط ZH أعظم من خط ΘK، فخطّا AB وΓΔ تُرى خطوط العرض بينهما مختلفة وذلك ما أردنا أن نُبيِّن هنا[٦٣].

يظهر لنا مثال القضية، أن النصين G_2 وA، دون أن يكونا متطابقين، هما مع ذلك في هذه الحالة قريبين إلى حد ما، في حين أن أمثلة أخرى

(٦١) المصدر نفسه، ص ٨، السطر ١٨ ـ ص ١٠، السطر ٥، و Euclide, *L'ptique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 4.

(٦٢) المصدران نفسهما، ص ١٦٠، السطر ٨ ـ ٢٢ وص ٦٠ على التوالي.

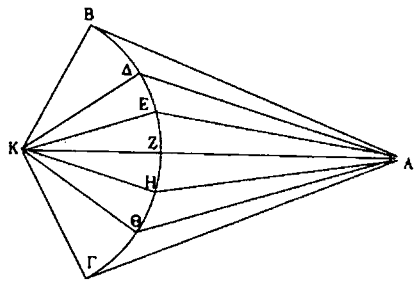
(٦٣) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٦٠ و - ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 60ʳ, and (Leyde, Or. 133), fol. 82.

عديدة تؤكد أن هذين النصين هما مستقلان تماماً عن بعضهما. والمثال الأكثر تعبيراً في هذا الصدد هو القضية رقم ($G_1$22)، حيث يتعلق الأمر بإثبات إن العين إذا كانت على مستوي قوس دائرة، فإن هذه الدائرة تبدو خطاً مستقيماً.

بالنسبة إلى هذه القضية، إن نص A هو قريب جداً من نص G_1، والفرق الوحيد البارز يكمن في جملة قليلة الوضوح، وكذلك في وجود «شكلين آخرين» في النص G_1. وهذا المثال جدير بالتوقف عنده، نظراً إلى المسائل النصّية التي يطرحها. يريد أقليدس في هذه القضية أن يثبت أن العين A إذا كانت في مستوي قوسٍ هو BΓ، عند ذاك يبدو هذا القوس كأنه خط مستقيم.

لتكن العين A على منصّف الوتر BΓ، وهذا على ما يبدو ما يفترضه النص ضمنيّاً. لتكن النقطة K مركز الدائرة. الأشعة KB وKΔ وKE تُرى على التوالي انطلاقاً من A بزوايا KAB وKAΔ وKAE؛ إذاً يبدو KB أكبر من KΔ، و KΔ أكبر من KE، و KE أكبر من KZ. كذلك يبدو KΓ أكبر من KΘ، وKΘ أكبر من KH، وKH أكبر من KZ.

الشكل رقم (١ ـ ٢٠)



ويـتـوالـى الـنـص بـالـيـونـانـيـة دون أي شـرح آخـر:

(διὰ τοῦτο δὴ τῆς μενούσης εὐθείας τῆς KA κάθετος ἡ BΓ ἀεί ἐστιν)،

وهذا ما يترجمه فير إيك على الشكل التالي: «عند ذلك، وبسبب ذلك، مع بقاء الخط المستقيم KA ثابتاً، يكون القوس BΓ دائماً عمودياً عليه»[٦٤]. في النص A نقرأ:

(٦٤) Heiberg, Ibid., p. 34 line, 16-17, and Euclide, Ibid., p. 16.

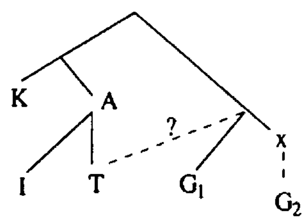
فمن أجل ذلك تفنى قوس ب جـ <و> يكون خط ب جـ قاعدة لعمود أ ز ك[٦٥].

إن الجملة باليونانية وبالعربية فاسدة. غير أنه من الواضح أن الترجمة العربية تستند إلى نص يوناني أفضل من النص الذي أوردناه، بالرغم من أنها مثل النص الأخير لا تحتوي على إثبات للتأكيد المعروض أعلاه. وعلى الأرجح بسبب هذه الصعوبة جرت محاولتان لإعطاء برهان لهذه القضية. في النص G_1 هناك «شكلان آخران» يتبعان القضية. في النص A، لا يلي أي من هذين الشكلين القضية. أما بالنسبة إلى G_2، فإنه لا يتضمن سوى «الشكل الآخر» الثاني، فالقضية غير موجودة فيه وكذلك «الشكل الآخر» الأول.

٥ ـ نشير أخيراً إلى أن العبارة «كما قيل في كتاب **انعكاس الضوء**» (“ὡς ἐν τοῖς Κατοπτρικοῖς λέγεται”)[٦٦]، الواردة في القضية رقم (19) في G_1، والتي ترد أيضاً في G_2 «لأن ذلك مثبت في كتاب **انعكاس الضوء**» (τοῦτο γὰρ δείκνυται ἐν τοῖς Κατοπτρικοῖς)[٦٧]، هي غير موجودة في النصوص A وK وT وJ. غير أن هاتين العبارتين، كما نعلم، هما، بكل وضوح، مدسوستان.

إذا أخذنا كل شيء بالاعتبار، تُظهر الحجج السابقة، بالإضافة إلى حجج أخرى عديدة لا نوردها هنا لكي لا نثقل العرض، أن النص A يختلف عن G_1 وعن G_2، وهذان الأخيران يختلفان الواحد عن الآخر، والنص K يختلف عن G_1 وG_2.

الشكل رقم (١ ـ ٢١)



(٦٥) أقليدس، **علم المناظر** (Leyde, Or. 133), fol. 88.

(٦٦) Heiberg, Ibid., p. 30, line 3, and Euclide, Ibid., p. 13.

(٦٧) المصدران نفسهما، ص ١٧٦، السطر ١٨ ـ ١٩ وص ٦٧ على التوالي.

إن قراءة مؤلف **تقويم الخطأ** ستعزّز هذه الملاحظات، وستقنعنا أن الكندي كان يملك ترجمة لكتاب «**علم المناظر**» مختلفة عن G_1 وG_2 وعن A أيضاً.

ثالثاً: ترجمة «علم المناظر» التي اطلع عليها الكندي والترجمة العربية المحفوظة

آن الأوان لدراسة العلاقات بين النص A والترجمة التي قرأها وشرحها الكندي. وهذه المرة سنصطدم بصعوبة مزدوجة لا يمكن تجاوزها نظراً للحالة الراهنة لمعلوماتنا. إن الترجمة A تضع أمامنا أول عقبة. كما أن ضياع الترجمة التي قرأها الكندي، والتي ينبغي علينا إثبات وجودها يسبب صعوبة أخرى. في ما يتعلق بالنص A، فإن ما نعرفه عنه قليل جداً، وهو جدير لا بأن يدرس فقط، بل بأن يُحَقَّقَ بطريقة نقدية. على أي حال، لا شيء يسمح بالتأكيد، كما يفعل ذلك بعض البحاثة، أن هذه الترجمة تعود إلى إسحق بن حنين الشهير وأن مراجعتها قد تمت من قِبَلِ ثابت بن قرة. إذ لا يسمح، في الواقع، أي مصدر فهرسي قديم بقبول مثل هذا الافتراض. ويبدو أن إحدى مخطوطات النص A تشير إلى اسم «خليل بن سرجون» بصفته كاتب هذه الترجمة[٦٨]. ونعرف من جهة أخرى أن هذه الترجمة قد أنجزت قبل العام ٨٩٣، عندما باشر اليعقوبي بكتابة مؤلفه الشهير **تاريخ اليعقوبي**[٦٩]. يكتب

---

(٦٨) في ما يتعلق بنسبة الترجمة إلى حنين، انظر: Moritz Steinschneider, *Die Arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen* (Graz: Akademische Druck - U. Verlagsanstalt, 1960), para. 92, p. 171 (163).

والإشارة إلى ابن سرجون وردت عند: E. Kheirandish, «The Arabic «Version» of Euclidean Optics: Transformations as Linguistic Problems in Transmission,» paper presented at: *Tradition, Transmission, Transformation: Proceedings of Two Conferences on Pre-modern Science Held at the University of Oklahoma*, edited by F. Jamil Ragep and Sally P. Ragep, with Steven Livesey, collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 37 (Leiden; New York: E. J. Brill, 1996), p. 229, note no. (8).

(لم نحصل على هذه المخطوطة).

(٦٩) انظر: عمر رضا كحالة، **معجم المؤلفين: تراجم مصنفي الكتب العربية** (بيروت: [د.ن.، د.ت.])، مج١، ص ١٦١، وشهاب الدين أبو عبد الله ياقوت الحموي، **معجم الأدباء: إرشاد الأريب إلى معرفة الأديب**، تحقيق إحسان عباس، ٧ ج (بيروت: دار الغرب الإسلامي، ١٩٩٣)، ص ١٥٤.

هذا الأخير: «ولأقليدس هذا كتاب في المناظر واختلافها من مخارج العيون والشعاع، يقول فيه: إن الشعاع يخرج من العين على خطوط مستقيمة، وتحدث بعد سموت لا نهاية لكثرتها، فإن الأشياء التي يقع عليها الشعاع تُبْصَرُ، والتي لا يقع عليها الشعاع لا تُبْصَرُ، ويمثِّل في ذلك أشكالاً مختلفة يبيِّن بها مخرج النظر، وكيف تختلف عدة الأشكال التي يبيِّن بها ذلك، وهي أربعة وستون شكلاً»(٧٠).

يتابع اليعقوبي ويؤكد أن هذا الكتاب يتألف من «أربع وستين شكلاً»(٧١). وهذه الشهادة العائدة إلى مؤرخ القرن التاسع معروفة جيداً، لكننا لا نجد ما يشير إلى أن اليعقوبي يستشهد هنا بالترجمة A. في الواقع، إن ما أورده المؤرخ، مع حذف عبارة واحدة، يمثل التعريفين الأول والثالث لأقليدس وفق هذه الترجمة. نستطيع أن نقرأ في A(٧٢):

إن الشعاع يخرج من العين على خطوط مستقيمة (مختلفة الأبعاد والمقادير) وتحدث به سموت مستقيمة لا نهاية لكثرتها.

وحدها العبارة الموضوعة بين قوسين (مختلفة الأبعاد والمقادير)، لا ترد في استشهاد اليعقوبي. أما في ما يتعلق بالتعريف الثالث فإنه مماثل للتعريف الذي يورده A. أخيراً يتضمن النص A ٦٤ قضية بالضبط، بخلاف النصين G_1 وG_2 اللذين على التوالي لا يتضمنان سوى ٥٨ و٥٧ قضية. في حين أن الترجمة التي قرأها وشرحها الكندي تحتوي، وفق هذا الأخير، على ٥٩ قضية. لذلك إن العام ٨٩٣ هو الحد الزمني لانتهاء الترجمة A. لكن هذا العنصر الجديد يقرّب تواريخ الترجمات العربية من بعضها، ويؤدي إلى مزيد من التعقيد في مسألة عددها وكُتّابها. غير أن ما ذكرناه لا يعتبر أمراً استثنائياً، إذ يحدث أن يُترجَم الكتاب نفسه أكثر من مرة وفي فترة من الزمن قصيرة نسبياً ـ لِنَتَذَكَّر ما حصل لِمُؤَلَّف **المجسطي** على سبيل المثال.

لِنَصل الآن إلى النص K وإلى الاختلافات بينه وبين النص A. إننا نعرف أن ترتيب وعدد القضايا في K، إذا كان هذا النص موجوداً بالفعل،

---

(٧٠) أحمد بن أبي يعقوب اليعقوبي، **تاريخ اليعقوبي** (بيروت: دار صادر، ١٩٩٢)، ص ١٢٣.

(٧١) المصدر نفسه، ص ١٢٣.

(٧٢) أقليدس، **علم المناظر**: (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 81, and (Leyde, Or. 133), fol. 59ᵛ.

يختلف عما هو في A. ولكي نثبت وجوده، نلجأ إلى عدة مجموعات من المؤشرات. غير أنه لا أحد يجهل أن مسألة إثبات وجود نصوص ضائعة هي من أكثر المسائل صعوبة أمام المؤرخ. وباستطاعتنا تقديم عدد من الحجج، غير أن أياً منها لا يكفي للوصول إلى اليقين، عند ذاك تتحول المسألة إلى إثبات أن الحجج تتقارب في ما بينها. غير أن النتيجة الحاصلة ستبقى دائماً مرهونة بالبحث المستقبلي. لذلك، ونظراً لمعرفتنا بالوقائع، نعرض الحجج التالية:

إن الحجة الأولى ذات طبيعة معجمية، إذ يكفي أن نقابل نصّي A و**تقويم الخطأ**. لندرك بشكل سريع الاختلافات بين مفردات النصين. والبعض منها له طابعه الخاص. فضلاً عن ذلك، إنها تميّز الكندي وابن لوقا من كاتب A، وكأن هذين المعاصرين الواحد منهما للآخر كانا يملكان النص K وليس A. في هذا النص الأخير يجري الحديث عن شعاع «يخرج» من العين، في حين أن ابن لوقا والكندي من أجل تقديم تعريفات أقليدس يستخدمان كلمة «ينبث» التي كانت قليلة الاستخدام في النصوص الأكثر تأخراً في علم المناظر. كذلك، وفي حين أن النص A يتحدث عن «رأس» المخروط، كما هو وارد في ترجمة كتب الهندسة، فإن ابن لوقا والكندي، وفي السياق نفسه، يسمّيانه «المُسْتَحَد»، وهو مصطلح نادر الاستخدام. من جهة أخرى يستخدم النص A في أماكن عديدة تعابير مثل «ظَهَرَ» و«البصر»، أما الكندي فيلجأ إلى تعابير أخرى مثل «رأى» و«الناظر»[*]. وقد أخذنا هذه الأمثلة من التعريفات، حيث ذكر الكِندي وابن لوقا نَصَّ أقليدس.

كما أن الاختلاف بين المعجمين لا يتعلق فقط بالمفردات، بل أيضاً بالعبارات. لنأخذ من جديد مثالاً كنا قد ذكرناه لنتمكن من إجراء المقارنة، والمثال هذا هو القضية الأولى من «**علم المناظر**».

نقرأ في A:

فليس شيء من المبصرات يبصر جميعاً معاً وقد يتوهم يبصر جميعاً <معاً> لسرعة لمح البصر[٧٣].

(*) يقصد بالناظر البؤبؤ (المترجم).

(٧٣) المصدر نفسه، ص ٨١ و٥٩ظ على التوالي، وأقليدس، **علم المناظر** (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٥٩و.

وهذه الجملة نفسها ترد في كتاب **تقويم الخطأ**:

إنه ليس شيء من المبصرات يبصر جميعاً معاً، وإن البصر ينتقل من شيء إلى شيء، فيظن لسرعة انتقاله أنه يرى <جميعاً> معاً.

نشير إلى أن الجزء الأول من الجملة هو مماثل في النصين، وهو ترجمة للجملة اليونانية: (Οὐδὲν τῶν ὁρωμένων ἅμα ὅλον ὁρᾶται)[٧٤]. في الجزء الثاني من الجملة هناك «يظن» عوضاً عن «يَتَوَهَّم» وذلك للتعبير عن (δοκεῖ)، كذلك هناك «يُرى» عوضاً عن «يُبصر» للتعبير عن (ὁρᾶσθαι)، أخيراً هناك «انتقاله» عوضاً عن «لمح البصر» للتعبير عن (παραφερομένων). إن هذا الاستبدال الأخير مهم بوجه خاص، فالأمر يتعلق عند الكندي بسرعة البصر، في حين أن «لمح البصر» الوارد في النص A هو تعبير اصطلاحي. ومن المدهش أن يكون الكندي، بعد أن وجد هذا التعبير بين يديه في الترجمة، قد تركه سهواً.

أما الحجة الثانية التي تؤيد وجود نَصَّين تاريخيين مختلفين، فإنها ترتكز على وجود قضايا في كتاب **تقويم الخطأ** غير واردة في النص A، والعكس صحيح أيضاً. لِنَتَناوَل، على سبيل المثال، القضية رقم (34) من G_1، حيث يريد أقليدس أن يثبت أنه:

إذا رفعنا من مركز دائرة خطاً مستقيماً عمودياً على مستوي هذه الدائرة، وإذا وضعنا العين على هذا الخط، فإن الأقطار المرسومة بشكل مستعرض في مستوي الدائرة تبدو جميعها متساوية[٧٥].

في الواقع، تتألف قضية أقليدس في النص G_1 من ثلاثة أجزاء، هي (34a) حيث العين موضوعة على العمود؛ و(34b) حيث العين ليست موجودة على العمود، بل على خط مستقيم مرسوم من المركز ومساوٍ للشعاع؛ وأخيراً (34c) عندما تكون العين على خط مستقيم أياً كان. إن الجزأين (34a) و(34b) يُقابِلان في النص A على التوالي (36) و(37)، في حين أن (34c) لا

(٧٤) Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid*, p. 2, line 22.

(٧٥) المصدر نفسه، ص ٦٠، السطر ١٢ ـ ١٥، و Euclide, *L'Optique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke*, p. 26.

مقابل له في A. وغياب هذا الجزء يؤكده أيضاً نَصَّا الطوسي وابن أبي جرّادة، اللذان بدورهما أيضاً يتعلقان بالنص A. أما في تحرير الكِندي، فإن الحالات الثلاث موجودة، والقضايا أرقام (34a و34b و34c) في G_1 تقابل على التوالي القضايا أرقام (33 و34 و35a) في كتاب **تقويم الخطأ**. فضلاً عن ذلك، بالنسبة إلى القضية رقم (34b) في G_1، التي تقابل القضية رقم (37) في A والقضية رقم (34) في كتاب **تقويم الخطأ**، فإن النص A يفترض أن القطرين متعامدان. وهذا الشرط غير الضروري، لا يرد في G_1 وK. وهذا يُظهر، على الأقل، أن النص A لا يمكن أن يكون المصدر الوحيد لكتاب **تقويم الخطأ**، وأنه توجد ترجمة عربية أخرى لكتاب «**علم المناظر**».

بالمقابل، نجد في A قضايا لا ترد عند الكندي، دون أن يعني ذلك أن غيابها يعود إلى طارىء في نسخة مخطوطة **تقويم الخطأ** التي لدينا. كما أن الأمر لا يتعلق بحذف متعمد من الكندي، طالما أنه، وكما لاحظنا ذلك، يشرح بشمولية وبالترتيب «**علم المناظر**»[٧٦].

وهكذا، فإن القضية رقم (42b) في G_1، أي القضية رقم (5) في A، لا ترد في كتاب **تقويم الخطأ**. والأمر نفسه ينطبق على «الشكل الآخر» للقضية رقم (28) في G_1، والذي هو القضية رقم (30) في A.

إلى ما ذكرناه، نستطيع إضافة العديد من الحجج الأخرى التي تثبت استقلال K وA عن بعضهما. نتناول ثلاثاً منها باختصار:

الحجة الأولى ترتكز على اختلاف مهم بين النصين. إذ إننا حين نبين بسهولة أن نص القضية رقم (18) في A، أي القضية رقم (17) في G_1، هو فاسد، فإننا نثبت أن الكندي في القضية رقم (18) يشرح نصاً صحيحاً.

تستند الحجة الثانية إلى وجود قضية كانت في الأصل في النص K، ولكنها لا ترد الآن في أي نص من النصوص الموجودة. في الواقع، في القضية رقم (50) من كتاب **تقويم الخطأ**، يشرح الكِندي قضية من «**علم**

(٧٦) الكندي نفسه لا يتأخر عن التشديد على السمة هذه لشرحه عندما يكتب في ما يتعلق بالقضية رقم (28) من «**علم المناظر**»، أنها تعود إلى القضية رقم (24) من الكتاب نفسه، ومع ذلك فهو يتناولها من جديد «لئلا يتخلف عن كتابه [عن كتاب أقليدس] شيء من أشكاله». ويستعيد هذه العبارة لاحقاً كلمة كلمة عندما يكتب «لئلا يتخلف من كتابه شكل يعدم تحقيقه».

المناظر»، ويكتب: «فأما أوقليدس فإنه فرض العظمين عظمي أ ب ب ج من خط واحد...»[٧٧]. وهذا الشرح لا يرتبط، على ما يبدو، بالقضايا السابقة.

أخيراً، إن عرض القضية العاشرة من كتاب **تقويم الخطأ**، الذي يعيد تقديم العرض 9 من G_1، يختلف عن عرض القضية نفسها في A غير أن مناقشة هذا الأمر سترد لاحقاً.

إذا كان وجود ترجمة عربية مختلفة عن A قرأها وشرحها الكِندي، لا يثير أيّ شك، فإن مقارنة النصَّيْن A وK، بواسطة كتاب **تقويم الخطأ**، وكذلك المقابلة بين النص K والنصين G_1 وG_2، تُظهر أن النص K قد وُضع بالعربية انطلاقاً من مخطوطة يونانية تنتمي إلى تقليد مستقل.

نشير أخيراً إلى أن ترتيب القضايا هو متطابق في A وK حتى القضية رقم (28)، وفق ترقيم G_1، ثم يختلف بعد ذلك. وهذا التطابق الظاهر جلياً في الجدول رقم (١ ـ ١)، يؤكده الكندي نفسه. فهو يذكر بدقة، خلال عرضه للقضية رقم (28)، رقمي القضيتين (24 و28) من «**علم المناظر**» لإقليدس، وهما مماثلان لرقميْ هاتين القضيتين في A. وهذا يُظهر، من جهة أخرى، أن القضية رقم (6) من G_1 ترد في المخطوطتين اليونانيتين اللتين بهما ترتبط الترجمتان A وK، على شكل قضيتين مختلفتين. وهذا، على ما يبدو، يوافق روح النص.

رابعاً: الكندي وتمهيد «علم المناظر» المنسوب إلى ثيون الاسكندري

كل ما ذكرناه يرغمنا على إعادة تناول العلاقات بين الكندي ومؤلف هذا التمهيد الشهير للنص G_2 من «**علم المناظر**»، المنسوب إلى ثيون أو إلى أحد تلاميذه. في الواقع، ما إن نتخلى عن نسبة النص G_2 إلى ثيون حتى تتلاشى الحجج التي عادة يتم التذرع بها لإثبات أن النص G_2 هو قراءة لنص أقليدس.

في هذه الحالة، لا شيء يثير الدهشة إذا بدا لنا أن الكندي، في أي موضع من مؤلفه، لم يستوح أي شرح، بالمعنى الكلاسيكي، لكتاب أقليدس، على الرغم من أنه كان قادراً على ذلك. وهذه المحاجة، مع إقرارنا بأنها سلبية، كادت تسمح لنا بالوقوف عند هذا الحد، بانتظار ذلك اليوم السعيد

(٧٧) انظر في ما يلي ص ٣٠١، السطر ٤ ـ ٥ من هذا الكتاب.

الذي يلقي الضوء على كاتب المقدمة، لولا أن الكندي نفسه لم يذكر ثيون في كتابه **تقويم الخطأ**. وإذا أضفنا إلى ما ذكرناه أن الكندي قرأ بانتباه، كما سنبين ذلك، التمهيدَ المحفوظ في التقليد المخطوطي اليوناني والوارد في إطار هذا التقليد قبل نص G_2 بالضبط، فإننا نصبح مرغمين على الإقرار بأن مسألة شرحٍ مُحْتَمَلٍ لكتاب «**علم المناظر**» من قبل ثيون تبرز من جديد في حين كان الاعتقاد السائد بأن هذه المسألة قد سُوّيت. في كتابه **تقويم الخطأ**، وبعد أن ينتقد المفهوم الإقليدي للمخروط البصري، يكتب الكندي:

وقد وافقنا على ذلك مبرزو الرياضيين المتقدمين لأن السالكين أقصد السبيل إلى غاية واحدة من مبتدأ واحد، فباضطرار أن يطأ الأخير أثر الأول قبل أن يعلم الأخير فعل الأول؛ <و> منهم بطلميوس القلوذي الوافي علم الرياضيات والمستعمل في شرائطه وبراهينه الشرائط والبراهين الفلسفية في الرياضيات، والقافي أثره المبرز في الرياضيات أيضاً ثاون الاسكندراني[٧٨].

في هذه المقولة العامة، ينسب الكندي بشكل خاص إلى ثيون مفهوماً للمخروط البصري مستوحىً من مفهوم بطلميوس، لا من مفهوم أقليدس. لكنه لا يكشف لنا عن مصدره، والشيء الوحيد المؤكد في هذا الصدد هو أن الكندي لم يكن مطلعاً على «**علم المناظر**» لبطلميوس.

غير أننا نلقى عند الكِندي، هنا وكذلك لاحقاً، مفاهيم مستوحاةً من بطلميوس، منها على سبيل المثال مفهوم المحور البصري. لذلك يَدورُ السؤال حول معرفة كيف أن الكندي استطاع الاطلاع على هذه المفاهيم، وكيف استطاع معرفة هذا التمهيد الذي له طابع غير إقليدي، ولماذا يَذْكُرُ ثيون في هذا السياق.

نستطيع على أي حال التأكيد بأن الكندي كان يملك مصدراً مختلفاً عن مؤلَّف دميان (Damien)، وكاتبه قد يكون ثيون أو شخص آخر يَذْكُرُ ثيون، وهذا المصدر يتناول «**علم المناظر**» لأقليدس مع إدخال بعض المفاهيم البطلمية كالمخروط البصري والمحور البصري... ربما وجد الكندي في هذا المصدر نسخة عن هذا التمهيد الشهير. سنعرض لائحة بفقرات من *De Aspectibus* تناولها الكندي، ومصدرها هو الأقل عرضة للمناقشة، كما أنها تكفي لإثبات وجود هذا المصدر المفقود حالياً:

(٧٨) انظر في ما يلي ص ٢٣٣، السطر ٢٠ ـ ٢٥ من هذا الكتاب.

Théon (?), p. 144, *l.* 3-8 Heiberg

σημεῖον δὲ τούτου μέγιστον τάς τε ἀπὸ τῶν σωμάτων ἀπορριπτουμένας σκιὰς καὶ τὰς ἀπὸ τῶν θυρίδων τε καὶ ὀπῶν φερομένας αὐγὰς *κομίζει*. ἕκαστον δὲ τούτων οὐκ ἂν ἐγίγνετο, καθάπερ νῦν θεωρεῖται γιγνόμενον, εἴπερ μὴ αἱ ἀπὸ τοῦ ἡλίου φερόμεναι ἀκτῖνες κατά τινας εὐθείας ἐφέροντο.

ويقدم منها، كَبُرهانٍ، تلك التي هي الأهم: إن الظلال المسقطة بالأجسام، وكذلك الخطوط المنيرة الداخلة من النوافذ والفتحات؛ لأن هذه الأشياء جميعها لا يمكن أن تحصل كما نلاحظ عندما تتم في الواقع، إذا لم تكن أشعة الشمس تنتشر وفق بعض الخطوط المستقيمة.

Al-Kindī, De aspectibus, p. 441, *l.* 29-34

Quod uero uidemus ex rectitudine finium umbrarum corporum in latitudine et luminibus per fenestras ingredientibus, necessario ducit nos ad hoc ut transitus radiorum procedentium a corporibus luminosis fiat secundum rectitudinem rectarum linearum. Nihil enim horum duorum esset secundum quod sentimus, nisi radii secundum rectarum linearum rectitudinem procederent.

عندما نرى الحدود على امتداد ظلال الأجسام مستقيمة، وعندما نرى الأنوار التي تدخل من فتحات، نصبح بالضرورة مرغمين على <استنتاج> أن مسار الأشعة الآتية من الأجسام المنيرة هو مستقيم. لأن هذين الأمرين لا يكونان كما ندركهما إذا لم تتبع الأشعة خطوطاً مستقيمة.

Théon (?), p. 144, *l.* 8-13 Heiberg

ἐπί τε τῶν παρ' ἡμῖν πυρῶν τὰς ἀποστελλομένας *ἔφασκεν* αὐγὰς αἰτίας εἶναι τοῦ τε φωτίζεσθαί τινα τῶν παρακειμένων σωμάτων καὶ ἀπορρίπτειν σκιὰς τὰς μὲν ἴσας τοῖς ὑποκειμένοις σώμασι, τὰς δὲ μείζονας, τὰς δὲ ἐλάσσονας τῶν ὑποκειμένων σωμάτων.

أما في ما يتعلق بالنيران الموجودة عندنا فإنه كان يقول إن الخطوط المنيرة المبثوثة هي التي تجعل بعض الأجسام المعروضة مضاءة، وهي التي تُسقِطُ ظلالاً مساوية أحياناً للأجسام المعرّضة، أو أكبر منها أحياناً، أو أصغر منها أحياناً أخرى.

Al-Kindī, De aspectibus, p. 441, *l.* 38-42

Videmus enim radios procedentes a candelis, que coram nobis ponuntur, causas illuminandi corpora eis opposita et iaciendi illorum corporum umbras existere. Quorum quidem umbre quandoque corporibus existunt equales quandoque maiores quandoque eis minores.

نرى في الواقع أن الأشعة التي تخرج من الشمعات الموضوعة أمامنا هي سَبَبُ إضاءة الأجسام موضوعة مقابلها وسبب إسقاط ظلال هذه الأجسام. وظلال هذه الأجسام هي أحياناً مساوية لها، وأحياناً أكبر منها وأحياناً أصغر.

Théon (?), p. 146, *l.* 6-17 Heiberg

ἐκφανέστατα δὲ τούτων πάντων τοῦτο ἐπὶ τῶν κατασκευαστῶς γινομένων θεωρεῖσθαι συμβαίνει. λύχνου γὰρ ὁπωσδηποτοῦν κειμένου εἰ προστεθείη τούτῳ πτυχίον ἔχον ἐπιτομὴν λεπτοῦ πριονίου, ὥστε καὶ τὴν ἐπιτομὴν κατὰ μέσου τοῦ λύχνου πίπτειν, τῷ δὲ πτυχίῳ τούτῳ κατὰ τὰ ἕτερα μέρη παρατεθείη πτυχίον ἔγγιον, ᾧ προσπεσεῖται ἡ αὐγὴ ἡ διὰ τῆς ἐντομῆς φερομένη, πάντως τὴν προσπίπτουσαν αὐγὴν τῷ πτυχίῳ εὐθείαις γραμμαῖς περιεχομένην εὑρήσομεν καὶ τὴν ἐπιζευγνύουσαν τό τε μέσον τοῦ λύχνου καὶ τὴν ἐντομὴν τοῦ πτυχίου κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεῖαν οὖσαν.

Al-Kindī, De aspectibus,
p. 449, *l.* 25 - 451, *l.* 13

Hoc quoque manifestius et clarius uidebimus, si tabulam assumpserimus in medio cum serra directe et equaliter perforatam, et occurrerimus deinde cum medio foraminis serrati medio candele, donec sit linea, que protrahitur a candela, secans diametrum candele et foramen serratum orthogonaliter, et post occurramus tabule, in qua est foramen, cum alia tabula, cuius superficies, que ei occurrit, equidistet superficiei eius que ipsi occurrit.

Si ergo ab extremitate luminis, quod cadit per foramen tabule super tabulam aliam ei equidistantem, in latitudine protrahatur ab una duarum partium ad finem candele in latitudine in parte altera linea recta, continget extremitatem foraminis quod est in tabula. Quod quidem non esset nisi radiorum fines secundum rectas procederent lineas.

سنرى أيضاً ذلك بطريقة أكثر بداهة ووضوحاً، إذا أخذنا لوحاً مثقوباً بالمنشار في وسطه <بفتحة> مستقيمة ومنتظمة؛ إذا وضعنا بعد ذلك بشكل متقابل وسط الفتحة المستحدثة بالمنشار ووسط شمعة، بحيث يقطع الخط المرسوم انطلاقاً من الشمعة بشكل متعامد قطر الشمعة والفتحة المستحدثة بالمنشار؛ وإذا وضعنا أخيراً مقابل اللوح حيث الفتحة، لوحاً آخر يكون سطحه، القابل <للوح المثقوب> ، موازياً لسطح <اللوح المثقوب> المقابل له.

عندئذ، إذا انطلقنا من طرف الضوء الذي يسقط من خلال فتحة اللوح على اللوح الآخر الموازي <للأول> ، لِنَرسُمَ خطاً مستقيماً يصل إحدى جهتي <الضوء> ،

من جهة أخرى، كل هذه الوقائع تُلاحظ بالشكل الأكثر وضوحاً في ظروف نحصل عليها اصطناعياً. لنأخذ مصباحاً موضوعاً بأي شكل من الأشكال، إذا وضعنا بمقابله لوحاً يحمل شقاً مستحدثاً بواسطة منشار رقيق بحيث إن الشق يقع وفق وسط المصباح، وإذا وضعنا من الجهة الأخرى للوح لوحاً على مسافة قريبة نسبياً، وعليه سيقع شعاع الضوء المار بالشق، سنكتشف تماماً أن شعاع الضوء الواقع على اللوح محدّد بخطوط مستقيمة وأن شعاع الضوء الذي يصل وسط المصباح مع شق اللوح يكون وفق الخط المستقيم نفسه.

بالعرض، مع طرف الشمعة من الجهة المقابلة بالعرض، < هذا الخط > سيلمس طرف الفتحة المستحدثة في اللوح. هذا، بالتأكيد، ما كان ليحدث لو أن حدود الأشعة لا تتّبع خطوطاً مستقيمة.

Al-Kindī, De aspectibus, p. 453, *l.* 17-18

Immo cum circuli et aspiciens in una consistunt superficie, circuli nullo modo uidentur.

على العكس تماماً، عندما تكون الدوائر والناظر على المستوي نفسه، فإن الدوائر لا تُرى بأي شكل من الأشكال.

الكندي، **تقويم الخطأ** صفحة ١٦٥، سطر ١٧ - ٢٠ البصر لا يدرك مبصراته دفعة لطلبه في بعض الأحايين الحروف من الكتاب فلا يقع عليها والكتاب يرى كله تحت نظره، ثم يقع عليه بعد < ذلك فظنوا أن البصر يقع عليه أعني الحرف بعد > ما أنه كان يقع على أشياء غيره.

***Al-Kindī, De aspectibus*, p. 457, *l.* 1-5**

Ex eis etiam que id quod diximus uerificant est quod aspiciens res uisui suo expositas, sicut librum, fortasse inquirit eius litteram, quam non comprehendit nisi post tempus. Cuius causa existit quod rectitudo uirtutis uisus imprimentis non cadit super id quod querit, quia postquam super ipsum ceciderit, statim ipsum comprehendit.

Théon (?), p. 152, *l.* 3 sqq. Heiberg

πρὸς δὲ τὸ τὰς ἐν τῷ αὐτῷ ἐπιπέδῳ ταῖς ὄψεσι κειμένας περιφερείας εὐθείας φαίνεσθαι ἔλεγε τάδε · [...] καὶ γὰρ τὸ ἐπίπεδον τὸ ἐπ' εὐθείας κείμενον τῇ ὄψει αὐτὸ μὲν ἀθεώρητόν ἐστι διὰ τὸ μὴ προσπίπτειν αὐτῷ μηδεμίαν τῶν ἀπὸ τῆς ὄψεως ἐκχεομένων ἀκτίνων, κτλ ...

في ما يتعلق بالواقع الذي مفاده أن أقواس دائرة موجودة على المستوي نفسه للأشعة البصرية تبدو خطوطاً مستقيمة، كان يقول الأشياء التالية: [...] وفي الواقع، إن المستوي الواقع على خط مستقيم مع الشعاع البصري هو غير مرئي كمستوي، لأن أي شعاع مبثوث انطلاقاً من العين لا يقع عليه، . . .

Théon (?), p. 146, *l.* 28 - 148, *l.* 2 Heiberg

ἐναργοῦς οὖν ὄντος τοῦ, ὅτι πᾶν φῶς κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν φέρεται, καὶ πᾶσι προδήλου [...] · πολλάκις γὰρ βελόνης ἤ τινος τοιούτου ἑτέρου σωματίου ἐκριφέντος εἰς τὸ ἔδαφος φιλοτιμότερόν τινες προσεκάθισαν τῇ ζητήσει καὶ τὸν αὐτὸν τόπον πολλάκις ἐμάτευσαν οὐδενὸς ἐπιπροσθοῦντος τῷ ζητουμένῳ σωματίῳ · εἶτα μέντοι γε ὕστερον ἐπιβάλλοντες τὴν ὄψιν τῷ τόπῳ, ἐν ᾧπερ ἦν τὸ σωμάτιον, εἶδον τὴν βελόνην.

بين <الوقائع> التي تؤكد أيضاً ما قلناه، هناك هذا الواقع: قد يحدث أن أحداً ما ينظر إلى أشياء معروضة أمام بصره، إلى كتاب على سبيل المثال، يحاول رؤية حرف فلا يدركه إلا بعد بعض الوقت. السبب هو أن الخط المستقيم الذي وفقه تنطبع قوة البصر، لا يقع على ما يبحث عنه: في الواقع بعد أن يقع عليه يدركه مباشرةً.

إن الواقع هو أن أي ضوء ينتشر وفق خط مستقيم، وهذا بديهي وواضح لجميع الناس [...]: في الواقع، لو أن إبرة، أو أي جسم صغير آخر من هذا النوع، رُميتْ على الأرض، فانكبَّ بعضهم، بإصرارٍ غالباً، على البحث عنها. وتفحصوا مرات عديدة المكان نفسه، على الرغم من أن لا شيء يحجب الجسم الصغير الذي يبحثون عنه، ولم يروا مع ذلك الإبرة إلا في ما بعد، بتوجيه البصر على المكان حيث يوجد الجسم الصغير.

Al-Kindī, De aspectibus, p. 457, *l.* 21-26
Huius autem demonstrator est quod, cum tenderimus ad litteram libri et non remouerimus oculos nostros ab ea, apparebit nobis et uidebimus illud, quod eam sequitur, ab ea occultari, et quanto plus elongabitur ab ea, uehementius occultabitur, donec ex omnibus litteris non appareat nisi nigredo in albedine. Sed ut nos cum eo libri lectionem consequi possimus, impossibile est et non repertum.

هذا <واقع> يظهره: إذا ثبّتنا النظر على حرف من كتاب دون أن نحوّل عيوننا عنه، فإنه سيظهر لنا، وسنرى أنه يحجب عنا ما يليه؛ كلما ابتعدنا عنه، كلما أصبح الحجب أشد، إلى أن لا يظهر فيه من الأحرف سوى سواد على بياض. لكنه مستحيل ومخالف للتجربة أن نقدر في هذه الظروف على متابعة قراءة الكتاب.

Théon (?), p. 148, *l.* 7-15 Heiberg
ἐπί τε τῶν ἀτενιζόντων τοῖς βιβλίοις συνιστάμενος *ἔφασκε* μηδὲ τούτους ἂν δύνασθαι πάντα τὰ ἐν τῇ σελίδι γράμματα ὁρᾶν. πολλὰ γοῦν ἀναγκαζομένους δεῖξαι τῶν σπανίως γραφομένων γραμμάτων μὴ δύνασθαι δεῖξαι διὰ τὸ μὴ πρὸς πάντα τὰ γράμματα τὰς ὄψεις φέρεσθαι, ἀλλ᾽ ἐκ διαστημάτων ταύτας ὑπάρχειν καὶ πολλὰ τῶν κατατεταγμένων μὴ θεωρεῖν. ὥστε ἐκ τούτου φανερόν ἐστι, διότι οὐδὲ ὁ τόπος τῆς σελίδος ὅλος ὁραθήσεται.

إذا استندنا، فضلاً عن ذلك، إلى أولئك الذين ينظرون بانتباه إلى الكتب، كان يقول إنهم لا يستطيعون إدراك جميع الأحرف الموجودة في صفحة؛ لأنه، إذا كان عليهم أن يحدّدوا عدداً صغيراً من الأحرف المكتوبة، فلن يكونوا قادرين على ذلك، لأن الأشعة البصرية ليست موجهة على جميع الأحرف، بل تبرز بفواصل، وهكذا إن عدداً كبيراً من أحرف متراصفة لا يرى. ينتج عن ذلك بالطبع أن حيّز الصفحة لا يرى بكامله.

Théon (?), p. 150, *l.* 8-27 Heiberg

καὶ μὴν τὴν φύσιν *ἔφασκε* κατὰ τὰ ζῷα τὰ μὲν τῶν αἰστητηρίων πρὸς ὑποδοχὴν εὔθετα κατεσκευακέναι, τὰ δὲ μή. ἀκοὴν μὲν γὰρ καὶ γεῦσιν καὶ ὄσφρησιν κοῖλα κατεσκεύακεν ἐντὸς ὡς ἔξωθεν αὐταῖς προσπίπτειν σώματα κινήσοντα τὰς αἰσθήσεις ταύτας. ἀκοῇ μὲν γὰρ φωνὴ προσπίπτουσα τόπον ἐπιτήδειον ὤφειλεν εὑρίσκειν πρὸς τὸ ἀναμεῖναι καὶ μὴ κατὰ τὴν πρόσπτωσιν εὐθέως ἀποπαλθεῖσαν τήν τε αἴσθησιν ἀκίνητον διαφυλάττειν καὶ τὴν ἐπιφερομένην συγχέαι φωνήν. ὁμοίως δὲ καὶ ὄσφρησιν [...]. καὶ ἐπὶ τῆς ὁράσεως οὖν, εἴπερ ἔξωθεν αὐτῇ προσέπιπτε τὰ κινήσοντα αὐτὴν σώματα, καὶ μὴ αὐτὴ ἐξαπέστελλέ τι ἀφ' ἑαυτῆς, ἔδει τὴν κατασκευὴν αὐτῆς κοίλην τε καὶ εὔθετον πρὸς ὑποδοχὴν τῶν προσπιπτόντων σωμάτων εἶναι· νυνὶ δὲ θεωρεῖται τοῦτο οὐχ οὕτως ἔχον, ἀλλὰ μᾶλλον σφαιροειδὴς οὖσα θεωρεῖται ἡ ὅρασις.

زعم أيضاً أن الطبيعة، عند الكائنات الحية، نظمت الحواس، بعضها بطريقة مختصة بالاستقبال، والبعض الآخر بطريقة ليست كذلك. وهكذا نظمت السمع والذوق والشم في تجاويف داخلية، نظراً لأن العناصر التي تثير هذه الحواس تصل إليها من الخارج. في الواقع، إن الصوت، عندما يصل إلى السمع، يجب أن يجد مكاناً ملائماً لِيَثْبُت فيه، لكي لا يترك الحاسة غير متأثرة به إذا أُبْعِدَ عنها لحظة وصوله إليها، ولكي لا يذهب سدى، الصوت المنتقل بهذا الشكل. وكذلك هو الأمر بالنسبة إلى الذوق [....]. من جهة أخرى في ما يتعلق بالبصر، لو كانت العناصر التي

Al-Kindī, De aspectibus, p. 459, *l.* 5-12

Preparauit ergo instrumenta sensuum secundum quantitatem suorum sensibilium. Fecit ergo odoratum ut ad ipsum fieret cursus in fine de subtili partis que ipsum defert. Et fecit auditus supremum concauum et infimum strictum, quoniam uox non est nisi aeris percussio, et aer currens impellit instrumentum auditus. Gustum quoque similiter condidit. Visus uero instrumentum fecit spericum ; ne ad ipsum currentia supra ipsum morarentur. Omnium autem sensuum centra morantia fecit, ...

<الله> إذاً وضع أعضاء الحواس وفق مقادير المحسوسات التي توافقها. فقد صنع <عضو> الشم بحيث ينتهي إليه مسار العنصر الدقيق للغاية، الذي يحمل <المحسوس الخاص به>. صنع <عضو> السمع المجوف في الأعلى والضيق في الأسفل، لأن الصوت ليس سوى قَرْع في الهواء، والهواء في تحركه يَطْرُقُ عضو السمع. وخلق أيضاً بالطريقة نفسها <عضو> الذوق. أما بالنسبة إلى عضو الرؤية، فقد جعله كروياً، لكي لا يبقى على سطحه ما يصل إليه. أمَّا مراكز جميع الحواس <الأخرى> فقد جعل منها أماكن للتوقف، . . .

تثيره تصل إليه من الخارج، ولو أنها لا تقوم ببث شيء ما من نفسها، لكان ينبغي أن يكون تنظيمه مجوفاً ومخصصاً لاستقبال العناصر التي تصدمه. غير أننا نلاحظ أن الأمر ليس كذلك، وأن البصر هو بالأحرى كروي.

إن هذا العرض وجهاً لوجه يستدعي بعض الشروحات. قبل كل شيء، وكما أشرنا، فإن الكندي لا يذكر مصدره، لكنه يدمجه دون ذكر اسم المؤلف في نصه الخاص. بعد ذلك، وفي ما يَخُصُّ الأساس، نتبيَّن أن الفيلسوف لا يرضى بتكرار حرفي لحجج «التمهيد». لسنا هنا بصدد ترجمة حرفية للنص اليوناني، بل أمام استخدام حر لهذا النص وفق مقتضيات البرهان الماثل للدرس. من خلال هذا العدد القليل من الصفحات التي تضمنها «التمهيد»، لا نستطيع إذاً استنتاج أية حجة في علم انتقال النصوص لتحديد تاريخ هذا النص: هل انتقلت هذه الصفحات بشكل مستقل عن النص اليوناني؟ هل كانت منسوبة إلى أحد ما، وإلى من إذا كان الرد إيجابياً؟ إذا كانت عائدة إلى ثيون، هل يؤدي ذلك إلى نسبة أحد نصوص «**علم المناظر**» إلى هذا الأخير؟

إننا لا نستطيع تقديم إجابة تامة عن هذه الأسئلة جميعها. لكننا نشير ببساطة إلى أن المفهرسين العرب لا ينسبون أي نص عن «**علم المناظر**» لأقليدس إلى ثيون الاسكندري. بالإضافة إلى ذلك، في ما يتعلق بالمخروط البصري، ينسب الكندي إلى ثيون رأياً متناقضاً بشكل واضح مع رأي أقليدس. وهذه النقطة هي إحدى أهم النقاط في مؤلفه، لذلك إن احتمال الخطأ أو السهو عند الفيلسوف هو شبه مستبعد. وبالتالي، إذا افترضنا أن أحد نصوص «**علم المناظر**» كان متداولاً في ذلك العصر تحت اسم ثيون، فإنه لم يكن باستطاعة الكندي عدم رؤية هذا التناقض. لذلك يفرض الاستنتاج نفسه ويؤكد الشكوك حول نسبة نص التنقيح إلى «ثيون»، ولو كان الكندي يعرف هذا النص، فإنه لم يكن يعرفه منسوباً إلى ثيون. فضلاً عن ذلك، كل

شيء يدعونا للافتراض أن الكندي كان مطلعاً، بطريقة أو بأخرى، على نص لثيون حيث يتّبع هذا الأخير بطلميوس ضد أقليدس[٧٩].

وفي غياب أية معلومات إضافية، نمتنع عن المجازفة بأدنى فرضية حول صحة هذا المقطع. ولا شيء حتى الآن يدعو للافتراض، بشكل خاص، أن ثيون قد شرح «علم المناظر» لبطلميوس.

لِنُلَخّص الآن ونستنتج. إن التقليد العربي يسمح بالتأكيد لا على وجود نص يوناني «منقح» وفق مقولة هيبرغ، أو مطوّر وفق مقولة كنور (W. Knorr)، بل على وجود نصين يونانيين مُسْتَقِلَّيْن. وإلى هذين النصين، يضيف التقليد العربي على الأقل اثنين آخرين. فضلاً عن ذلك، كان الكندي يعرف «التمهيد» المنسوب إلى ثيون، لكنه لم يقترح نسبته إلى أي مؤلف. وبالمقابل، يبدو أنه كان يملك مصدراً عائداً إلى ثيون، لكنه مفقود، ويندرج في تقليد إقليدي مقترنٍ ببعض المعارف العائدة لبطلميوس[٨٠]. على أي حال لا شيء يشير إلى أن الكندي كان يعرف مباشرة **«علم المناظر»** لبطلميوس. غير أنه، وربما من خلال المصدر الذي ذكرناه، استطاع التعرف على مفهوم المخروط البصري بصفته مخروطاً من الإشعاع المتواصل[٨١].

خامساً: «تقويم الخطأ»: النص والنسبة والعَقْب

إن إعادة اكتشاف **تقويم الخطأ**، كأية إعادة اكتشاف لنصّ قديم تُثيرُ مجموعتين من الأسئلة التي لا بد لنا من طرحها. ترتبط المجموعة الأولى بجميع المسائل المتعلقة بأصالة النص الذي عثر عليه وبنسبته، أما الثانية فإنها تتعلق بأثر هذا النص نفسه في الميدان المرتبط به، وهو في الحالة الراهنة علم

(٧٩) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، ص ٢٣٣، السطر ٢٣ ـ ٢٥ من هذا الكتاب.

(٨٠) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، القضية رقم (3).

(٨١) Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, édition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune, collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 31 (Leiden; New York: E. J. Brill, 1989), p. 37.

المناظر. لذلك ينبغي علينا أن نعرف من هم الذين كانوا قرّاء **تقويم الخطأ**، وكيف قرأوا هذا المؤلف. إن الموقع المهم للغاية الذي يحتله الكندي في تاريخ علم المناظر، كما تشهد بذلك ترجمة *De Aspectibus* وكذلك في تاريخ انتقال المعارف اليونانية، يجعل هذه الأسئلة ضرورية بقدر ما هي صعبة. ولا ندّعي طرحها جميعها، بل كذلك لا ندعي حلها. وما نريده ببساطة هو مباشرة دراسة، على أمل أن نراها تستمر في المستقبل.

إن نسبة مؤلف **تقويم الخطأ** إلى الكندي تؤكدها أربع حجج مستقلة. والحجة الفورية، والتي ليست أقل الحجج قوة، تكمن في العنوان نفسه للمخطوطة. وإذا استبعدنا الافتراض أن ناسخاً ماكراً حاول عمداً خداع الأجيال المقبلة بعده، فإنه ينبغي التسليم بأن العنوان واضح، ومكتوب، بالإضافة إلى ذلك، بالأسلوب نفسه الذي يرد في عناوين كتب الكندي الأخرى، فهو يتمثل في صيغة كتيّب موجه إلى أحد أصدقائه أو أحد حماته[٨٢]. أما الحجة الثانية المعجمية فهي متعلقة بالأسلوب، إذ إن أغلب التعابير والصيغ الواردة في تمهيد الكتاب تنتمي إلى مجموعة مفردات الكندي، ونجدها في الكتابات الأخرى للفيلسوف[٨٣] (يكفي أن نتعرف عليها قليلاً، لنلاحظ نوعاً من التشابه في هذا الإطار). كما أن الأمر نفسه ينطبق على بقية أجزاء النص، التي

(٨٢) هل يتعلق الأمر برسائل حقيقية أو إنه أسلوب في التأليف؟ هذا النوع من العرض شائع جداً في الكتابات الفلسفية والعلمية للكندي. ولنقتنع بذلك، تكفي قراءة بدايات المؤلفات المختلفة. انظر: أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، حققها وأخرجها محمد عبد الهادي أبو ريدة، ، ٢ ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣)، ج ١، ص ٩٧، ١٨٦، ١٩٤، ٢٠١، ٢١٤، ٢٤٤، ٢٦٥، ٢٧٢، ٣٠٠، ٣٥٣ و٣٦٣، وج ٢، ص ٤٠، ٤٨، ٥٤، ٦٤، ٧٠، ٧٦، ٨٠، ٩٠، ١٠١ و١١٠.

(٨٣) إن مقارنة بسيطة بين مقدمة كتاب **تقويم الخطأ** ومقدمات لمؤلفات أخرى تكفي لإظهار هذا التشابه. نقدم بعض الأمثلة من بين العديد غيرها. وهكذا، إن عبارة مثل «وفقك الله لدرك الحق» ترد باستثناء تغيير بسيط في: المصدر نفسه، ج ١، ص ١٩٤، ٢٦٥ و٢٧٢، وج٢، ص ٦٤، ٩٠ و١١٠.

العبارة «وقد رسمت من ذلك قدر ما رأيته موافقاً لإرادتك» ترد مع بعض التغييرات أيضاً (ج ١، ص ٢٩٣ و٣٥٣، وج ٢، ص ٤٨، ٧٦، ٨٠، ١٠٣ و١١٠).

الصيغة «سألت. . . رسم كتاب» ترد كذلك على سبيل المثال (ج ١، ص ١٩٤، ٢٠١ و٢٦٥).

نستطيع الإكثار من الأمثلة التي تبيّن الأسلوب الخاص بالكندي. انظر في هذا الصدد: Roshdi Rashed, «Al-Kindi's Commentary on Archimedes: The Measurement of the Circle,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 3, no. 1 (March 1993), pp. 7-53, esp. pp. 52-53,

حيث نجد هناك تعابير مثل «خلف سمج جداً، أقاويلنا الفلسفية، أشنع المحال وأقبحه».

تتضمن جميعها مفردات وصيغاً شائعة في ذلك العصر، وبالتحديد في كتابات الكندي الأخرى. فضلاً عن ذلك، نجد أحياناً تعابير أوردها الكندي في مؤلفه *De Aspectibus*(٨٤).

الحجة الثالثة يقدمها نص مجهول المؤلف، معروف منذ زمن طويل، نقله إلى الألمانية ويدمان (E. Wiedemann)(٨٥)، وكان موضوعاً لتخمينات غير واقعية. يذكر كاتب هذا النص الكِندي وعنوان كتابه **إصلاح المناظر**. غير أننا سنبين أن الأمر يتعلق بكتاب **تقويم الخطأ**. إن هذه الشهادة، التي قدمها كاتب قديم مُطَّلع على نص الكِندي وعلى النص A من **علم المناظر** لأقليدس، مع العلم أن النص A كان أساساً في كتابة الطوسي لِـ **علم المناظر**، تكفي لوحدها لحسم مسألة النسبة نهائياً، وكذلك مسألة الأصالة ولو جُزئياً على الأقل.

أما الحجة الرابعة فهي أيضاً أقوى من السابقة. وقد قدمها لنا مُقتبِس قديم نَسَخَ صفحات كاملة من كتاب **تقويم الخطأ**، مثلما نسخ من مؤلفات أخرى للكندي. وهذا المقتبس هو المدعو أحمد بن عيسى، وكتابه مستقل عن كتاب المؤلف المجهول.

على ضوء هذه الحجج لن يحوم أي شك حول نسبة وأصالة **تقويم الخطأ**. وبفضل هذين النصين الأخيرين، سنستطيع أيضاً تحديد بعض طرق انتقال نص الكندي وقياس أثره.

١ ـ النقد المجهول المؤلِّف لكتاب «تقويم الخطأ»

يأخذ الكاتب المجهول على الكندي الإطالة الشديدة في برهانه لقضيتين من «**علم المناظر**» لأقليدس. ويذكر في هذه المناسبة عنوان كتاب الكندي، وكذلك رقمي القضيتين موضوع البحث، قبل أن يعيد بطريقته الخاصة كتابة

---

(٨٤) انظر على سبيل المثال ص ٣١٥ ـ ٣١٧ من هذا الكتاب.

(٨٥) Eilhard Ernst Gustav Wiedemann, «Aus al-Kindîs Optik,» *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen,* Bd. 39 (1907), pp. 245-248,

كما ورد في: Eilhard Ernst Gustav Wiedemann, comp., *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftasgeschichte,* mit einem vorwort und indices hrsg. von Wolfdietrich Fischer, Collectanea; 6/1- (Hildesheim; New York: G. Olms, 1970-), pp. 396-399, esp. p. 399.

عرضيهما فقط. وهذه المعلومات تتمتع بميزة كبرى كونها دقيقة، وبالتالي قابلة للتحقق منها. لكن لنتوقف في البداية عند نص هذا الكاتب المجهول.

لقد وصل إلينا هذا النص في عدد كبير من المخطوطات، مع واقع جدير بالملاحظة هو أنه أتى في أغلب الأحيان مباشرة بعد كتابة نصير الدين الطوسي للنسخة A من «**علم المناظر**» لأقليدس[٨٦]. إضافة إلى هذا التلازم بين كتابة الطوسي والمقطع المجهول المؤلِّف، نشير إلى أن كاتب هذا المقطع يرجع إلى أرقام قضايا «**علم المناظر**» التي يذكرها. غير أن هذه الأرقام هي نفسها التي وردت في النص A، الذي وكما قلنا للتو كان أساساً لكتابة الطوسي. من هنا، فإنه لا يبقى لنا سوى خطوة واحدة لكي ننسب هذا النص إلى الطوسي نفسه، غير أنه لا شيء مع ذلك يسمح بالقيام بها. لنكتفِ حتى الآن بالتأكيد أن هذا المقطع قد أضيف بشكل مبكر نسبياً عند نهاية نص الطوسي.

يذكر كاتب هذا النص المجهول المؤلِّف كتاب الكندي تحت عنوان **إصلاح المناظر**. وهكذا، عوضاً عن العنوان الطويل **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر** يختار الكاتب المجهول عنواناً قصيراً يعكس جوهر العنوان الكامل. إذ يستبدل التعبير «تقويم» بكلمة «إصلاح». إلا أنه من الصعوبة بمكان إدراك الفرق في هذا السياق بين الإصلاح والتقويم، كما تفيدنا بذلك المعاجم القديمة. كل شيء يجري إذاً وكأن الكاتب المجهول يوحي بمعنى العنوان الطويل لكتاب الكندي، إلا إذا افترضنا أن كتاب الكندي لم يعد يشار إليه، ابتداءً من تاريخ معين، بهذا العنوان. غير أنه، وفق ما نعرف، لا توجد أية حجة أخرى تؤكد مثل هذه الفرضية.

إن تَفَحُّصَ هذا المقطع المجهول المؤلِّف، المحقَّقَ والمترجم في كتابنا هذا[٨٧]، يُقدِّم لنا أكثر من عنوان كتاب الكندي. فالمؤلِّف، كما ذكرنا، يقابل النص A من «**علم المناظر**» ـ على الأقل في كتابة الطوسي ـ مع كتاب **تقويم الخطأ**. ولكي نثبت هذا القول، نبدأ بالقضية الثانية التي ذكرها الكاتب

---

(٨٦) في الواقع يأتي هذا النص بعد نص الطوسي في أغلب المخطوطات التي عدنا إليها.

(٨٧) انظر الملحق رقم (١)، ص ٤٨٠ ـ ٤٨١ من هذا الكتاب.

المجهول. وهذه القضية، وفق الكاتب، هي الحادية والستون من «**علم المناظر**». هذا ما يكتبه:

وقال [الكندي] في $\overline{سا}$: كلّ العلامات التي على خط مستقيم ـ كـ $\overline{أب}$ ـ إذا كان البصر هو جـ متحركاً نحو سمت الخط الذي هي عليه يعني $\overline{أب}$ ـ فإنها ترى مختلفة الترتيب، أعني أن الأقرب من البصر كـ $\overline{أ}$ يرى تارة متقدماً على $\overline{ب}$ الأبعد، ومرة معه على خط مستقيم وأخرى متأخراً عنه(٨٨).

إن هذا العرض، كما يرد في المقطع المجهول المؤلِّف هو استشهاد مأخوذ من كتاب **تقويم الخطأ**. إذ إننا نستطيع أن نقرأ هناك في القضية رقم (57):

العلامات التي على خط مستقيم؛ إذا كان البصر متحركاً على سمت الخط الذي هي عليه، فإنها ترى مختلفة الترتيب، أعني أن الأقرب منها إلى البصر، تارة يرى متقدماً للأبعد منها من البصر، وتارة يريان على خط مستقيم لا تتقدم واحدة منهما على الآخر، وتارة يرى الأقرب منهما من البصر متأخراً عن الذي هو أبعدهما من البصر(٨٩).

إن الاختلافات الوحيدة بين النصين سببها أن الكاتب المجهول قد أدخل الإشارات المأخوذة من المثال وعمد إلى اختصار بعض العبارات. فالأمر يتعلق إذاً باستشهاد، بالمعنى المقبول به في ذلك العصر، من كتاب **تقويم الخطأ**، ومن هذا الكتاب فقط. ولكي نبيّن هذا التحديد، نعود إلى النص A من «**علم المناظر**» فهو، من بين جميع النصوص المعروفة، وحده ووحده فقط، الذي ينسب إلى القضية الرقم الذي يعطيه الكاتب المجهول. لكن العرض في A ليس مختلفاً فحسب، بل هو أيضاً مغلوط. ويرد على الشكل التالي:

إذا كان البصر متحركاً، تكون الأشياء البعيدة المتساوية يظن أنها متخلفة [في المخطوطة مختلفة] عما هو أقرب منها(٩٠).

في كتابته للنص A من «**علم المناظر**»، يورد الطوسي العرض نفسه تماماً، وهذا ما يبين أن الخطأ هو من صلب النص ولا يعود إلى هذا الناسخ

---

(٨٨) انظر الملحق رقم (١)، ص ٤٨٢، السطر ٩ ـ ١٢ من هذا الكتاب.

(٨٩) انظر لاحقاً ص ٣١٠، السطر ٧ ـ ١١ من هذا الكتاب.

(٩٠) أقليدس، **علم المناظر**: (القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠)، ص ٩٠ظ؛ (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 73r, and (Leyde, Or. 133), fol. 104.

أو ذاك. غير أن الطوسي يشير في نهاية هذه القضية، أي الحادية والستين، إلى أنها مغلوطة، أو كما يكتب «هكذا في المتن ولْيُنْظر فيه»(٩١). فالخطأ إذاً هو سابق للقرن الثالث عشر، وربما يعود إلى المترجم نفسه أو إلى النص اليوناني المترجم. غير أنه يكفي أن نضيف إلى النص السابق نفياً (إذا كان البصر غير متحرك)، ونضيف كلمة «المتساوية» الموجودة في المخطوطة I، وكلمة «السرعة»، لكي نحصل على النص التالي: «إذا كان البصر <غير> متحرك، تكون الأشياء البعيدة المتساوية <في السرعة> يظن أنها متخلفة عما هو أقرب منها». عندئذ يصبح العرض صحيحاً. وهو يرد تحت هذا الشكل بالضبط في القضية رقم (54) من G_1 وفي القضية رقم (53) من G_2. أما النص A في القضية رقم (61) فإنه يورد مع بعض التعديل «الشكل الآخر» الثاني للقضية رقم (54) من G_1، الذي لا نجده في G_2. وبكلمة واحدة، إن الاستشهاد في المقطع المجهول المؤلِّف قد وضع انطلاقاً من كتاب **تقويم الخطأ**، وهو لا يختلف فقط عما نجده في القضية رقم (61) من النص A، بل أيضاً عما يقابله في G_1 وG_2.

إن تفحُص القضية الأخرى (الأولى) الواردة في هذ المقطع، يوصلنا إلى نتائج مشابهة. ويتعلق الأمر، وفق المؤلف المجهول، بالقضية رقم (60). وتحت هذا الرقم في النص A من «**علم المناظر**» لأقليدس نقرأ عبارة: «الأقدار المتساوية الحركة فإن أبعدها يظُن أنه أبطأ حركة»، وهذا ما نجده بشكل مماثل في النص T مع فرق واحد حيث ترد كلمة «الأبعد» عوضاً من «أبعدها»، وهذا الفرق لا يغير شيئاً. والعرض نفسه يقدمه الكندي، ونستطيع التحقق من ذلك لاحقاً(٩٢) بمقابلة العرض ٥٦ الوارد عند الكندي مع الاستشهاد. إن حرية التصرف التي يسمح بها لنفسه الكاتب المجهول، وهي في هذا الاستشهاد أكبر مما كانت عليه في القضية السابقة، تعود في جزء منها على الأقل إلى طول العرض عند الكندي. ونشير إلى أن هذا العرض لا يختلف تماماً عن القضية في A رقم (60) فحسب، بل أيضاً عن «الشكل الآخر» الأول من القضية رقم (54) في G_1 التي لا ترد في G_2.

---

(٩١) انظر النشرات غير النقدية التي أصدرها الدمرداش على سبيل المثال: أ. س. الدمرداش، «نصير الدين الطوسي وكتابه تحرير المناظر لأوقليدس،» **مجلة مخطوطات الجامعة العربية في القاهرة**، السنة ٩ (١٩٦٣)، ص ٢٤٣ ـ ٢٩٠، وبخاصة ص ٢٨٨، ونصير الدين الطوسي، **كتاب المناظر** (حيدر آباد: [د. ن.]، ١٣٥٨هـ/١٩٣٩م)، ص ٢٣.

(٩٢) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، ص ٣٠٧ من هذا الكتاب.

يأخذ الكاتب المجهول على الكندي طول البرهان. فهو يكتب أن الكندي «طوّل في إبانة دعواه؛ وهو ظاهر من هذا الشكل، مع أنه من لوازم شكل نزَ»[٩٣]. بكلام آخر، كان باستطاعة الكندي، وفق الكاتب المجهول، أن يستنتج هذه القضية، التي هي القضية رقم (56) وفق ترقيمه، من القضية رقم (57) في A، أي القضية (53) في كتاب **تقويم الخطأ**؛ بهذه الطريقة كان بإمكان الكندي تجنب إطالة لا جدوى منها في البرهان. صحيح أن القضيتين رقمي (53 و56) من كتاب **تقويم الخطأ** تتناولان المسألة نفسها، لكن الكندي يبين بالإضافة إلى ذلك في القضية رقم (56) أن نقطتين متحركتين، في لحظة ما، تُريان في الوقت نفسه. مع ذلك تبقى إطالات في البرهان عائدة من دون شك إلى إفراط في الإثبات. وهذا ما أراد الكاتب المجهول كشفه.

ومهما يكن من أمر، فإننا نملك من خلال هذا المقطع تأكيداً على وجود كتاب للكندي كان هدفه «إصلاح» «**علم المناظر**»، وهذا الكتاب هو نفسه الذي وجدناه تحت عنوان **تقويم الخطأ**. إن فائدة هذا المقطع تكمن في أنه يقدم هذا الكم من المعلومات في هذا العدد القليل من الأسطر.

٢ ـ أحمد بن عيسى مقتبس «تقويم الخطأ» وكتابات أخرى للكندي

كتب أحمد بن عيسى مؤلفاً بعنوان **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب أقليدس في علل البصر**. ومن هذا الكتاب نملك حتى الساعة ثلاث مخطوطات، إحداها مكتوبة بأحرف عبرية[٩٤]. وأول من أشار إلى هذا الكتاب العائد لابن عيسى هو م. كراوس (M. Krause)[٩٥] في لائحة وضعها لعدد

---

(٩٣) انظر الملحق رقم (١)، ص ٤٨٢، السطر ٧ ـ ٨ من هذا الكتاب.

شكل نز هو القضية رقم (57) وفق A (المترجم).

(٩٤) إنه لانجرمان (Y. T. Langermann) الذي أثار انتباهي إلى هذه المخطوطة العبرية. انظر: أحمد ابن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر** (Vatican, Heb. 378).

أورد هذه المعلومات في مقالة حديثة. انظر: Y. Tzvi Langermann, «Arabic Writings in Hebrew Manuscripts: A Preliminary Relisting,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 6, no. 1 (March 1996), pp. 137-160, esp. 143-145.

(٩٥) هذا ما كتبه كراوس: «Gennant Werden Euklid, Aristoteles, Hippokrates und Galen, Dagegen Kein Islamischer Gelehrter».

انظر: Max Krause, «Stambuler Handschriften Islamischer Mathematiker,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physick*, Bd. 3, no. 4 (1936), pp. 437- 532, esp. 513.

من المخطوطات العلمية الموجودة في اسطنبول. نتيجة لذلك، توفرت لنا، لمرات عديدة، الفرصة لإثارة اهتمام مؤرخي علم المناظر نحو هذا الكتاب، ونحو ما أخذه مؤلفه من نص الكندي(٩٦). والكتاب نفسه هو تجميع في موضوع علم المناظر، حيث تَتَجاوَرُ نصوص غير متجانسة من أصول مختلفة، وذلك دون أن يهتم المؤلف بمناقشة ما تقدمه من إسهامات. وهكذا، بالإضافة إلى علم المناظر بالمعنى الإقليدي، نجد هناك نصوصاً حول الإحساس والحواس وفق أرسطو، ونصوصاً أخرى مصدرها جالينوس، ومقاطع في انعكاس الضوء والمرايا المحرقة والهالة وقوس قزح والخداع القمري. باختصار، إنه مزيج متنافر من مختلف فروع علم المناظر يعود إلى ما قبل مرحلة التقدم الذي حققه ابن سهل ثم ابن الهيثم. وهذا الكتاب يتميز أيضاً بسمة بقيت حتى الآن غير ملحوظة، وهي ترتبط بموقفه المسبق الهيلّينستي. إذ إن ابن عيسى لا يذكر سوى الكتّاب القدامى، أي (الأوائل) بالمعنى المتعارف عليه في عصره، حتى عندما يلجأ إلى الاستعارة من المحدثين. وهكذا ترد أسماء أبقراط، أقليدس، جالينوس، أنتيميوس الترالّي، وبالتأكيد أرسطو. في حين أنه لا جدوى من التفتيش على اسم محدث واحد. غير أن هذا الموقف المسبق ليس حكراً على ابن عيسى، إذ إن فلكي القرن العاشر، عطارد الحاسب يدين الموقف هذا عند بعض معاصريه(٩٧). لكن هذا التوضيح

---

(٩٦) Roshdi Rashed: «Fūhīṭos (?) et al-Kindī sur «l'illusion lunaire»,» dans: Marie-Odile Goulet-Cazé, Goulven Madec et Denis O'Brien, dirs., *[Sophies maietores]* = *Chercheurs de sagesse: Hommage à Jean Pépin,* collection des études augustiniennes. Série antiquité, 1158-7032; 131 (Paris: Institut d'études augustiniennes, 1992), pp. 534 - 539 et 543; *Géométrie et dioptrique au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Quhi et Ibn al-Haytham,* collection sciences et philosophie arabes. textes et études; 0761-2613 (Paris: Belles lettres, 1993), p. 238, et «Le Discours de la lumière d'Ibn al-Haytham (Alhazen),» *Revue d'histoire des sciences,* no. 21 (1968), pp. 197-224, surtout p. 214, note no. (2).

ورد هذا المقال الأخير أيضاً في: Roshdi Rashed, *Optique et mathématiques: Recherches sur l'histoire de la pensée scientifique en arabe,* Collected Studies Series; CS 378 (Aldershot, [Hampshire]: Variorum; Brookfield, VT: Ashgate Pub. Co., 1992).

انظر أيضاً: Roshdi Rashed, «Geometrical Optics,» in: Roshdi Rashed, ed., *Encyclopedia of the History of Arabic Science,* in collaboration with Régis Morelon, 3 vols. (London; New York: Routledge, 1996), vol. 2: *Mathematics and the Physical Sciences,* pp. 643 - 671, esp. p. 656.

(٩٧) هذا ما يبرز في مقدمة عطارد لكتابه: عطارد الحاسب، **الأنوار المشرقة في عمل المرايا المحرقة** (Istanbul, Süleymaniye, Laleli 2759/1), fol. 1^v-2^r.

وحده لا يسمح بتخمين زمن ابن عيسى، لأنه إذا لم يتم التساؤل حول طبيعة هذا التجميع في **علم المناظر** وحول مواقفه المسبقة، فإن المؤرخ سيصطدم بعقبتين تتمثلان في نسبة نصوص إلى ابن عيسى هي في الواقع لا تعود إليه، ليتم بعد ذلك تحديد موقع مؤلفها في عصر ربما لا يكون عصره. وهذا ما فعله كراوس، عندما حدد الفقرة التي عاش فيها ابن عيسى في القرن الثالث للهجرة، أي حوالى سنة ٨٦٤ ـ ٨٦٥. وذلك انطلاقاً من نصوص سنبيّن أنها تعود إلى مؤلفين من القرن التاسع، وكذلك استناداً إلى لغة هذه النصوص. وفي دراسة أكثر حداثة، وبعد أن نسب أحدهم إلى ابن عيسى نصوصاً تعود للكندي، ذهب بعيداً إلى حد التخمين بأن ابن عيسى قد عاش قبل هذا الأخير، كما قابل بين نصين للكندي وكأن الأمر يتعلق بنصين كتبهما مؤلفان مختلفان هما الكندي وابن عيسى[٩٨]. غير أن هذه الأخطاء تتكشف بنفسها بمجرد أن ندرس ببعض الانتباه كتابة ابن عيسى ومصادر تجميعه. وهذا التجميع لا يضم فقط مقاطع تعود لأنتيميوس الترالّي وكتابات يونانية أخرى منقولة إلى العربية، بل أيضاً وكما أكدنا، في موضع آخر، اقتباساً لكتاب الكندي **في الشعاعات الشمسية**[٩٩]، وكذلك لِكُتَيِّب هذا الأخير **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**[١٠٠]. ومن بين هذه المصادر المقتبسة، استطعنا أيضاً تحديد **كتاب العشر مقالات في العين** العائد لحنين بن اسحق (المتوفى سنة ٨٧٣ أو ٨٧٧)، وكذلك كتاب **تقويم الخطأ** للكندي. في الواقع، أخذ ابن عيسى من حنين بن اسحق مقطعاً طويلاً من الصفحة ١٣١ و إلى الصفحة ١٣٦ و من مخطوطة «Ragip Paşa 934» الموجودة في اسطنبول في مكتبة السليمانية، أي الصفحات ١٢٠ ـ ١٢٤ من نشرة ماكس مايرهوف

(٩٨) انظر: *The Optics of Ibn al-haytham. Books I-III, on Direct Vision*, translated with introduction and commentary by A. I. Sabra, Studies of the Warburg Institute; v. 40, 2 vols. (London: University of London, Warburg Institute, 1989), vol. 2, pp. xxv-xxvi.

إلى هذه الأخطاء، يضيف عبد الحميد صبرة غيرها، عندما ينسب نصاً آخر للكندي **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**، والذي يكتفي محمد بن الهيثم باستعادته، إلى الرياضي الحسن بن الهيثم؛ وهذان الاثنان هما مؤلفان ينبغي بالمناسبة التوقف عن الخلط بينهما. انظر لاحقاً ص ١٨٠ وما بعدها من هذا الكتاب.

(٩٩) Rashed, «Geometrical Optics,» p. 656.

(١٠٠) Rashed, «Fūhīṭos (?) et al-Kindī sur «l'illusion lunaire»,» p. 541 sqq.

(Max Meyerhof)[١٠١]. لكن الاستعارة الأكبر تمت من كتاب **تقويم الخطأ** للكِندي، وهي التي تثير اهتمامنا لسببين، ذلك أن كتابة ابن عيسى لا تَسْمح لنا فقط بتأكيد أصالة نص **تقويم الخطأ**، بل أيضاً بتقدير مجمل التأثير اللاحق لمؤلِّف هذا النص. لنلاحظ في الواقع منذ الآن أن كتابة المقتبِس شكلت أيضاً طريقاً مهماً لانتشار أعمال الكندي في علم المناظر، وبشكل غير مباشر لانتشار أعمال أقليدس. ويبدو أن اقتباس ابن عيسى قد انتشر مباشرة. وكذلك من خلال كُتَّاب آخرين لاحقين من أمثال صلاح الدين الكحّال[١٠٢]. أخيراً، نشير إلى أن المخطوطة المكتوبة بأحرف عبرية تشهد على مكانة هذا العمل المركب في الغرب.

لكي نبيّن أن الأمر يتعلق باقتباس من كتاب **تقويم الخطأ**، نكاد لا نحتاج إلى إثبات، إذ إن ابن عيسى أعاد كتابة مجموعة من القضايا مع تعديلات طفيفة وتغيير في الترتيب، والقضايا هي: (١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٠)، (٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ونهاية ٢٨)، (٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٨، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٤، ٤٩، ٥١، ٥٤، ٤٦، ٤٧). كما نضيف إلى هذه القضايا واحداً من براهين القضايا المتَبَقِّية، وبعض المقاطع المبعثرة، بحيث أن خُمس كتاب ابن عيسى تقريباً يأتي مباشرة من مؤلف **تقويم الخطأ**

---

(١٠١) Hunain Ibn Ishaq, *The Book of the Ten Treatises on the Eye Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809-877 A.D.)*, the arabic text edited from the only two known manuscripts, with an english translation and glossary, by Max Meyerhof, publications de l'université égyptienne, faculté de médecine; no.1. bis., 2 pts. (Cairo: Government Press, 1928).

(١٠٢) صلاح الدين الكحال، **نور العيون في جامع الفنون** (Paris, B.N. 3008), fol. 15v-23v.

انظر أيضاً الترجمة الألمانية: *Die Arabischen Augenarzte nach den Quellen*, berabeitet von J. Hirschberg, J. Lippert und E. Mittwoch; erster-[zweiter] Theil, 2 vols. in 1 (Leipzig: Veit, 1904-1905), vol. 2, tome 1: *Salah ad-Din, Lichte der Augen, aus Arabischen Handschriften Übersetzt und Erläutert.*

ورد أيضاً في: Fuat Sezgin, hrsg., *Augenheilkunde im Islam: Texte, Studien und Übersetzungen*, Veröffentlichungen des Institutes für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften. Reihe B, Nachdrucke. Abteilung Medizin; Bd. 3, 4 vols. (Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, 1986), pp. 206-230.

وحول التطابقات بين نص ابن عيسى ونص الكحال، انظر: *The Optics of Ibn al-Haytham. Books I-III, on Direct Vision*, vol. 2, pp. lxvi-lxvii.

للكندي. إنه نتيجة لعملية استعارة ضخمة، هذا أقل ما يمكن قوله عن كتاب ابن عيسى. فضلاً عن ذلك، يكتم هذا الكتاب تماماً أسماء المؤلفين، فالكندي وحنين بن اسحق لا يرد ذكرهما أبداً، ولو لمرة واحدة. أما حضورهما، إذا جاز لنا أن نقول ذلك، فلا يشار إليه إلا من ضمن مجموعة المؤلفين، ولمرة واحدة فقط. إذ إن ابن عيسى، وقبل أن ينسخ كلمات الكندي الخاصة، كتب مرة «قالت الفلاسفة وأقليدس منهم ومعهم»[(١٠٣)]. والأمر نفسه يحصل بالنسبة إلى حنين، إذ يرد مقطعه مسبوقاً بالعبارة «الأطباء أبقراط وجالينوس وغيرهم». بل فضلاً عن ذلك، إن جميع المقاطع من كتاب **تقويم الخطأ** التي يمكن أن توحي بشرح نقدي لـِ «**علم المناظر**»، والتي بذلك يمكن لها أن تَشي بحضور الكندي قد استُبعدَت بشكل منهجي. وكمثال بسيط، نورد القضية رقم (34) من كتاب **تقويم الخطأ**، حيث نسخ ابن عيسى مجموع نص هذه القضية باستثناء هذه الأسطر:

ونذكر الأشكال التي ذكرها أوقليدس ونبينها على أوضح ما يمكن فيها، إن شاء الله، فإنه أتى فيها بأشياء جزئية عرضية كان غنياً عنها بشكل واحد يفهم به أن كل ما خالف هذه رُئي مختلفاً (يتعلق الأمر بالأقطار المتساوية)[(١٠٤)].

إن صمت ابن عيسى حول هذه النقطة هو منهجي، لذلك لا نستطيع إلا أن نعزوه إلى إرادة متعمدة، إذ إنه يبدو أن ابن عيسى كان يحاول إظهار كتابه بمظهر غير حقيقي، وكأنه تحرير خاصٌ موضوعٌ انطلاقاً من المصادر القديمة وحدها، دون الاستناد إلى المحدثين. إلا أن هذا «الهدف المثالي» الذي وضعه ابن عيسى لنفسه، وكذلك الطرق التي اعتمدها للوصول إليه، تختلف عن طرق الكندي وبني موسى وابن قرة، أي باختصار عن طرق علماء القرن التاسع. فهؤلاء العلماء، مع تعبيرهم عن الاحترام نحو أسلافهم، لم يترددوا في الابتعاد عنهم بهدف نقدهم، وفي هذا المجال لدينا مثال كتاب **تقويم الخطأ**. لذلك، إن ما ذكرناه عن ابن عيسى، ابتداءً من تواريخ النصوص التي يقتبسها، مروراً بهدفه المثالي ووصولاً إلى طرقه، يشير إلى أنه عالم من مرتبة أدنى

---

(١٠٣) انظر المخطوطتين: أحمد بن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر**: (Istanbul, Laleli 2759), fol. 26^r, and (Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934), fol. 5^v.

(١٠٤) انظر لاحقاً ص ٢٧٤، السطر ١ ـ ٣ من هذا الكتاب.

بدرجات ومن مرحلة لاحقة نسبياً. أما بالنسبة إلى التواريخ الدقيقة، فإن المسألة تبقى بالطبع مفتوحة(١٠٥).

ويبقى لنا أيضاً أن نتفحّص، ولو بشكل مختصر، طرق الكتابة التي اعتمدها ابن عيسى في اقتباسه لكتاب **تقويم الخطأ**.

١ ـ **الطريقة الأولى**، الأكثر استعمالاً، تتمثل بالنسخ المباشر المزين ببعض التفسيرات المخصّصة لمساعدة القارىء المبتدىء ولتجنيبه بعض الغموض، إذ إن ابن عيسى يعدل بعض عبارات الكِندي، ويستبدلها بأخرى تبدو له أكثر موافقة. غير أن هذه التعديلات لا تبدل بأي شكل من الأشكال نص الكندي. لنأخذ مثال القضية رقم (14). فالعرض الذي يأخذه ابن عيسى يعود إلى كتاب **تقويم الخطأ**، وهو يختلف عن عرض النص A. نقرأ عند ابن عيسى:

الأعمدة المتساوية الأقدار التي على سطح الأفق، والبصر أعلى منها وخارج عن سمتها، يرى الأبعد منها عن البصر أطول مما هو أقرب منه إلى البصر(١٠٦).

إن الفرق الوحيد بين هذا النص الذي نسخه ابن عيسى ونص الكندي هو أنه نجد عند ابن عيسى «الأعمدة المتساوية الأقدار» عوضاً من «الأعمدة المتساوية». أما العرض في النص A فهو على الشكل التالي:

الأقدار المتساوية إذا كانت تحت البصر على سمت واحد، فالذي بعد منها يرى أعلى مما هو دونه(١٠٧).

---

(١٠٥) سنثبت أن أحمد بن عيسى عاش بعد الكندي، طالما أنه اقتبس كتاب **تقويم الخطأ** ومؤلفات أخرى للكندي. كما أنه اقتبس **كتاب العشر مقالات في العين** لحنين بن اسحق. بالإضافة إلى ذلك، تظهر شروحاته الخاصة أن الأمر لا يتعلق بعالم من مرتبة أولى. ويشير ابن النديم إلى صانع آلات فلكية وعلمية (من صناع الآلات) هو أحمد بن علي بن عيسى. وإذا كان هذا الأخير، كما هو محتمل، هو نجل علي بن عيسى الذي هو نفسه صانع آلات فلكية ومحمي من ابن خلف المَرْوَرّوذي، فإن أحمد يكون قد عاش في القرن العاشر، أو على أقصى حد في نهاية القرن التاسع. لكن المسألة تكمن في معرفة ما إذا كان أحمد بن علي بن عيسى هو نفسه أحمد بن عيسى. لذلك لا بد من معلومات أخرى للإجابة عن هذا السؤال. انظر: أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠هـ/ ١٩٧١ ـ ١٩٧٢م)، ص ٣٤٢ ـ ٣٤٣.

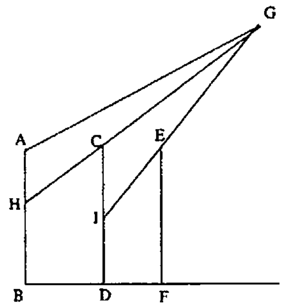
(١٠٦) ابن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر** (Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934), fol. 82^r.

(١٠٧) ابن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر** (Istanbul, Laleli 2759), fol. 85.

إن نص ابن عيسى، باستثناء كلمة واحدة، هو نسخ لنص الكندي ومختلف عن نص A. ولمتابعة المقارنة نأخذ نص الكندي ونضع بين قوسين (. . .) إضافات ابن عيسى، التي يعود بعضها دون شك إلى مخطوطة للكندي استخدمها هو نفسه، ولا نملك أية وسيلة للتمييز بين هذه المخطوطة وبين التفسيرات التي أدرجها ابن عيسى.

مثال ذلك: أن نفرض الأعمدة المتساوية (الأقدار و) القائمة على (سطح) الأفق (الذي هو وم) أعمدة أب جـ د هـ و، والبصر علامة ز خارجاً (خارج) عن سمتها.

الشكل رقم (١ ـ ٢٢)



فأقول: إن (عمود) أب الأبعد من ز يرى أطول من (عمود) جـ د الأقرب من ز منه (من عمود أب) و(عمود) جـ د الأبعد من ز من (عمود) هـ و يرى أطول من (عمود) هـ و الأقرب من ز من (عمود) جـ د(١٠٨).

إن الاختلافات بين النصين هي في أغلب الأحوال من هذا الطراز القائم على تسمية الشيء المشار إليه كالعمود والدائرة والقوس. . .، وعلى توضيح الاسم الموصول. كما أن بعض هذه الإضافات قد تكون متعلقة بإغفالات في نسخة من المخطوطة هي أكثر قدماً. غير أن هذه الاختلافات، وفي كلتا الحالتين، لا تُبَدِّلُ في أي شيء روحَ النص، ونستطيع القول إنها لا تبدل حتى حَرفِيَّته.

(١٠٨) يجمع ابن عيسى الشكل العائد لهذه القضية وشكل القضية رقم (15) من كتاب **تقويم الخطأ**. انظر: ابن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب اقليدس في علل البصر** (Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934), fol. 82ᵛ.

٢ ـ **أما الطريقة الثانية** فهي تنتمي إلى الأولى، مع اختلاف واحد، وهو أن عدد التفسيرات يزداد، وكذلك حرية التصرف حيال النص.

إذ إن ابن عيسى، مع حفاظه على نص قريب من نص الكندي، يحشر شروحات، كما أنه يلجأ في بعض الحالات إلى إعادة تأليف مصطلحات الكندي. لكن هذا الشكل من الكتابة، وهذا أمر نتفهمه، يستخدمه المقتبس أكثر عندما يتعلق الأمر بمقاطع لها علاقة بالمذاهب. غير أن كتابات ابن عيسى، ونذكّر مجدداً بالأمر، لا تبدل في أي شيء نص **تقويم الخطأ**، ولا تجعله أبداً ضائع المعالم. فما قام به ابن عيسى ليس قطعاً كتابة لمؤلّف **تقويم الخطأ**، بل نسخ حر لمقاطعه. وكمثال عما ذكرناه، نورد الفقرة الرئيسة في كتاب **تقويم الخطأ** حيث يضع الكندي تصوراته عن الشعاع والمخروط البصريين. لذلك نعرض نسخة ابن عيسى مع الإشارة بقوسين (. . .) إلى العبارات غير الواردة في نص الكندي، وبأحرف مائلة إلى العبارات المعَدَّلة بشكل طفيف أو التي أُعيدَ تأليفها، وأخيراً بمعقوفتين [. . .] إلى العبارات التي يستعيد فيها نص الكندي بتصرف أكبر.

> العين ينبث من ناظرها قوة نورية تؤثر فيما لاقت/من الجوّ (المضيء، أعني الهواء إذا كان مضيئاً)، أجمع ضياءَ (شكله) صنوبرياً (شبيه بالزج، وزجه) أعني مستحده عند الناظر نفسه، وكلما بعد اتسعت قاعدته، فيكون الشكل الذي يحيط به ذلك الضياء مخروطاً أسطوانياً مستحده عند الناظر ونهايته تماس المنظور إليه، فما وقع عليه ذلك الشعاع (النوري) وهو الضياء المنبث من البصر، رآه البصر وأدركه، وما لم يقع عليه ذلك الشعاع، لم يره البصر ولم يدركه، فيصير ذلك النور الشعاعي المخروط (الخارج من البصر المنبث في الهواء المضيء) كالعضو للحيّ الناظر، فيحس (به الناظر المرتفعة عنه الموانع) كل ما لامسه (ووقع عليه من) الأجرام (ومستحده الذي هو زجه وهو مخرج النور من البصر يخرج على زاوية) [فما كانت نهايتا ذلك النور الخارج من البصر المماس لنهايتي الجرم المنظور إليه يحيطان من الناظر إلى المنظور إليه بزاوية عظيمة/ رُئي ذلك الجرم المنظور إليه يحيطان من الناظر

إلى المنظور إليه بزاوية صغيرة رُئي ذلك الجرم المنظور إليه صغيراً...][109].

نلاحظ إذاً أن الإضافات والتعديلات والصياغة بتصرف ليست سوى شروحات لمقاصد الكندي، وهي في الغالب لا لزوم لها. ذلك أن تبديل كلمة «جسم» بكلمة «جرم»، أو تعبير «شعاع» بتعبير «نور خارج من البصر» وكذلك استعادة عبارة مختصرة وإلى حد ما خشنة على طريقة الكندي من أجل توسيعها، لا شيء من هذا كله يبدل في عمق النص ولا يؤدي إلى تمويه النص المنسوخ.

٣ ـ قد يحصل أن يضيف ابن عيسى حالات أخرى لا يتناولها الكندي، بمثابة تطوير للنص. وهذه الإضافات هي على نوعين، فهي إما توضيح محسوس لخاصة ما، على شكل تجربة نوعية[110]، وإما زيادة في الحالات التي لا لزوم لها، وهذه الإضافات الأخيرة هي الأقل إثارة للاهتمام. هناك أيضاً مثال سنتناوله مباشرة. هو مثال القضية رقم (10) من كتاب **تقويم الخطأ**، المخصّصة لموضوع رؤية الأشكال المضلّعة انطلاقاً من مسافة معينة. في هذه القضية يتناول الكندي، مثل أقليدس، حالة المربع. أما ابن عيسى، فإنه يضاعف الحالات ويتناول المثلث والسداسي[111]... وبالنسبة إلى هذه الحالات، فإن دراسته، وبشكل أعم شروحاته، هي رياضياً وبصرياً ذات مستوى أدنى من مستوى تلك التي يقدمها الكندي. غير أن هذا لا يثير اهتمامنا هنا.

٤ ـ على غير عادته، ولمرة واحدة، يذكر ابن عيسى «**علم المناظر**» لأقليدس بشكل أكثر دقة، وليس بالطريقة المبهمة التي سجلناها سابقاً. وهذا الواقع يستحق أن نتوقف عنده، لأنه يثير من جهة مسألة مهمة، هي مسألة معرفة أي نص من «**علم المناظر**» اطلع عليه ابن عيسى، كما يثير من جهة أخرى مسألة الطريقة التي تابع بها، في هذه الحالة، عمله في الاقتباس. يكتب ابن عيسى:

---

(١٠٩) المصدر نفسه، ص ٥ظ ـ ٦ظ.

(١١٠) كأمثلة عن تجربة نوعية، انظر: المصدر نفسه، ص ١٢و ـ ١٣و.

(١١١) المصدر نفسه، ص ٩١و ـ ٩٣ظ.

قال أقليدس في كتاب **اختلاف المناظر**: الأشكال ذوات الزوايا ترى من بعد ما مستديرة، (مثل المربع فإنه إذا بعد عن البصر رُئي مدوراً)[١١٢].

إن الجزء الأول من هذا الاستشهاد مماثل للجزء الوارد في كتاب **تقويم الخطأ**، في حين أن الجزء الثاني المشار إليه بقوسين لا يرد في كتاب الكندي. غير أن هذا العرض الذي يقدمه ابن عيسى، وكذلك عرض كتاب **تقويم الخطأ** يختلفان كلاهما عن العرض الوارد في النص A، وكذلك عن العرض الوارد في كلٍ من G_1 وG_2. نقرأ في النص A:

الأشكال القائمة الزوايا إذا أبصرت من بعد ترى مستديرة[١١٣].

إنه العرض نفسه حرفياً الذي نجده في النصين T وJ، الموضوعين من دون أي شك انطلاقاً من A. أما في النصين G_1 وG_2، فإننا نجد العرض نفسه الوارد في A، مع اختلاف واحد (نستطيع أن ننسبه دون قلق إلى المترجم العربي)، إذ نقرأ هناك «الأقدار القائمة الزوايا» (τὰ ὀρθογώνια μεγέθη) عوضاً من «الأشكال القائمة الزوايا». إذاً، وفي جميع نصوص «علم المناظر» المعروفة، يورد الكندي وابن عيسى وحدهما عرض أقليدس مع عبارة «الأشكال ذوات الزوايا».

بذلك نجد أنفسنا أمام واحد من خيارين: إما أن ابن عيسى قد أخذ هذا العرض من **تقويم الخطأ** مضيفاً إليه الجزء الثاني، الذي لا يشكل سوى مثال (ذلك أن كلمة «ما» الواردة في الجزء الأول، والتي لا نجدها عند الكندي، لا دلالة لها، لأنها قد تكون أيضاً إضافة من ابن عيسى، أو قد تكون إغفالاً في مخطوطة **تقويم الخطأ**[١١٤]، أو أن ابن عيسى كان مطلعاً بشكل مباشر أو غير مباشر على النص K من **«علم المناظر»** الذي عرفه الكندي. والشيء الوحيد المؤكد لغاية الآن هو أن ابن عيسى لا يقدم العرض الوارد في A، كما أنه لا يقدم شكلاً آخر لهذا العرض. يبقى أن نقول إن ابن عيسى قد أتْبع هذا العرض بمثال وبرهان قريبين للغاية من مثال وبرهان A، ثم أعطى بعد ذلك

---

(١١٢) المصدر نفسه، ص ٨٩ ظ.

(١١٣) ابن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر** (Istanbul, Laleli 2759), fol. 84.

(١١٤) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، ص ٢٤١، السطر ١٠ من هذا الكتاب.

برهان الكندي الذي يختلف تماماً عن هذا البرهان الأخير. فضلاً عن ذلك، إن برهان A يختلف عن برهان G_1، الذي يختلف عن برهان G_2، بحيث إن هذه البراهين الخاصة بهذه القضية والواردة في النصوص المختلفة لـِ«**علم المناظر**» يختلف كل واحد منها عن الآخر. وهذا ما يجعل المقارنة بين البرهان الذي يقدمه ابن عيسى والبرهان الوارد في A مثيرة للاهتمام بوجه خاص. لنقارن بينهما.

أقليدس وفق النص A

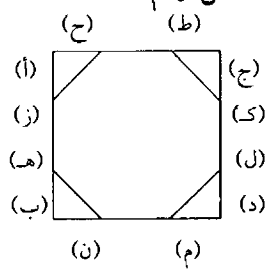
[المخطوطتان: L، ٨٤و؛ Q، ٦٣و]

فليكن الشكل القائم الزوايا شكل أب جـ د بعيداً عن البصر: فأقول إنه يرى مستديراً.

برهانه: لأن البصر من البعيد لا يقف على نقطة واحدة، ولكنه ينتقل، فتبين أنه بينما يقع على نقطة هـ وبينما يقع على نقطة ز وبينما يقع على نقطة ح وبينما يقع على نقطة ط وبينما يقع على بقية النقط.

فلذلك يكون الذي يرى شكل هـ ز ح ط كـ ل م ن ولا يرى ما بين ذلك. فالشكل القائم الزوايا الذي عليه أب جـ د يرى من البعد مستديراً؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

الشكل رقم (١ ـ ٢٣)



أقليدس وفق ابن عيسى

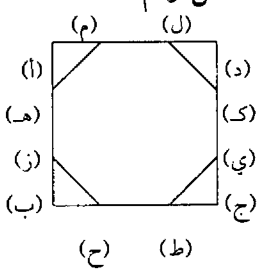
[ورقة ٨٩و - ظ]

مثال ذلك: مربع أب جـ د إذا بعد عن البصر، رُئي مستديراً.

لأن البصر من مسافة بعيدة لا يقف على نقطة واحدة، ولكنه ينتقل، فبينما يقع على نقطة وهي نقطة هـ وبينما يقع على نقطة ز وبينما يقع على نقطة ح وبينما يقع على نقطة ط وبينما يقع على نقطة ي وبينما يقع على نقطة كـ وبينما يقع على نقطة ل وبينما يقع على نقطة م؛

فلذلك يكون الذي يرى من شكل أب جـ د المربع إذا بعد عن البصر رئي مستديراً، مثل شكل أب جـ د القائم الزوايا؛ وذلك ما أردنا بيانه.

الشكل رقم (١ ـ ٢٤)



تكشف المقابلة بين هذين النصين عن وضع فريد على أقل تقدير، ذلك أن النصين هما قريبان من بعضهما إلى درجة يمكن معها نسبتهما إلى أصل مشترك، إلا أنهما مع ذلك متباعدان بما فيه الكفاية بشكل يسمح باستشفاف آثار تقليدين مختلفين من النصوص.

إن مقارنة النصين كلمة بكلمة تظهر أنهما يباشران البرهان بالطريقة نفسها، ويستخدمان الشكل نفسه، مع تعديل طفيف في ترتيب أسماء النقاط. وعلى هذا الأساس نستطيع اعتبارهما وريثين لنموذج بعيد إلى حد ما. غير أنه، وفي حين أن النص A يتوقف في تعداد النقاط عند نصفها ليترك للقارىء متابعة هذا الأمر بنفسه، فإن مؤلف النص الذي يورده ابن عيسى يحرص على مرافقة القارىء بيده حتى آخر نقطة. كما أن برهان القضية نفسه مختلف، فالنص A يوضِّح الحجة الأساسية. «فلذلك يكون الذي يرى شكل هـ ز ح ط ك ل م ن ولا يرى ما بين ذلك»، أي النقاط أ، ب، ج، د. والقارىء مدعو إلى تكرار العملية انطلاقاً من الشكل الجديد، وبذلك يستطيع أن يرى عن بعد الشكل المضلع المستحدَث. أما في نص ابن عيسى، فلا جدوى من البحث عن هذه الحجة. ونحن نستطيع بالطبع أن ندين ابن عيسى ونقلّل من قيمة برهان له، لكننا لا نقدر أن نحاسبه ببضع كلمات، كما فعل الكندي عندما انتقد أقليدس قائلاً: «ليس للعلّة التي ذكر أوقليدس فإنها واضحة الخطأ لا برهان لها»[١١٥]. غير أن كلمات الفيلسوف القاسية هذه تنطبق بشكل أفضل على نص ابن عيسى، الذي هو مجرد من أي برهان.

بكلمات أخرى، نستطيع أن نصور الوضع بالطريقة التالية:

١ ـ يخبرنا ابن عيسى، ولمرة واحدة، أنه يورد نصاً من «**علم المناظر**» لأقليدس.

٢ ـ يورد ابن عيسى العرض نفسه الذي يقدمه الكندي انطلاقاً من نص «**علم المناظر**» الذي كان مطلعاً عليه، أي النص K.

٣ ـ يدين الكندي عرض النص K، وبعد أن يورده يقدم مباشرة برهانه الخاص.

---

(١١٥) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، ص ٢٤١، السطر ١١ من هذا الكتاب.

٤ ـ العرض في نص ابن عيسى قريب من العرض الوارد في A، وكذلك الشكل وبداية البرهان.

٥ ـ بقية البرهان عند ابن عيسى تختلف عما هو وارد في A.

٦ ـ النص A يختلف عن G_1 وG_2 اللذين يختلفان الواحد عن الآخر، على الرغم من أنهما يملكان العرض نفسه.

في هذه الحالة، يبدو إذاً، أن ابن عيسى يورد هنا استشهاداً من النص K. وفي هذا المثال، كما في أماكن أخرى، يبدو أن هذا النص K يتلاقى بشكل جيد مع النص A في فترة من تاريخه. من جهة أخرى، وبعد أن ذكر ابن عيسى أقليدس بالاسم، كنا نتوقع منه أن يتوقف لإعطاء المزيد عن نص أقليدس، لكن لا شيء يحصل من هذا القبيل. فهو يتابع ناسخاً نص الكندي، أي برهانه، دون أن يتبين أنه مناقض للبرهان الذي قدمه قبل ذلك. وهكذا، حتى عندما يلجأ ابن عيسى إلى مصادر أخرى غير كتاب **تقويم الخطأ**، وهي ليست أقل أهمية، طالما أن الأمر يتعلق بكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس، فإنه يشعر بالحاجة إلى نسخ نص **تقويم الخطأ** للكندي بكامله.

وهكذا، فإن الكاتب المجهول وابن عيسى قد سمحا لنا باثبات أصالة كتاب **تقويم الخطأ**، وإثبات نسبته إلى الكندي. وكما لاحظنا، غالباً ما تكون النصوصُ المُسْتَشْهَدُ بها من هذا الكتاب، وبخاصة تلك التي يوردها ابن عيسى، قريبة من مخطوطة الكتاب التي عُثِرَ عليها، إلى درجة يمكن معها استخدامها كمخطوطة ثانية من أجل تحقيقٍ نقدي للنص. فالاختلافات الأكثر تكراراً هي «إضافات» في نص ابن عيسى، أو قد تكون اغفالات في النص المعثور عليه للكندي، لتعابير مثل «الخط المستقيم»، «القوس»، «العمود»، قَبْلَ تسمية الشيء المشار إليه. فنص مخطوطة الكندي يبدو أكثر إيجازاً على هذا الصعيد. لكن هذه الاختلافات ليست ذات شأن، مهما كانت وجهة النظر التي نتبناها.

أخيراً، إن الكاتب المجهول، تماماً كابن عيسى وصلاح الدين الكحّال، يقدم لنا أيضاً معلومات حول انتشار فكر الكندي في علم المناظر. ودون أن نعرف اسمه، فقد كان هذا الكاتب، في عداد أولئك الذين كانوا يهتمون بعلم المناظر القديم. وهذا ما يقدم لنا، فضلاً عن ذلك، درساً في الحيطة والحذر، فهو يجنبنا قياس تأثير فكرة ما تِبْعاً لتأثير اسم المفكر.

الفصل الثاني

الكندي والتقليد الإقليدي في علم المناظر

مقدمـة

يخبرنا الكندي في تمهيده لمؤلف **تقويم الخطأ** أنه قد وضع في علم المناظر كتاباً «جليلاً» يُغني عن الكتاب الذي يقدمه، وهو فضلاً عن ذلك، يحيط «بالقوانين الأولى لهذه الصناعة». فهذا الكتاب، كما يشرح المؤلف، يرتبط بعلم المناظر بأكمله، في حين أن كتاب **تقويم الخطأ** هو أكثر حصراً ولا يتناول سوى «**علم المناظر**» لأقليدس. غير أن الكندي لم يكلف نفسه مع الأسف بذكر اسم هذا العمل المهم، ولا يبقى لنا للتعويض عن صمته سوى العودة إلى اللوائح التي وضعها المفهرسون القدامى لعناوين أعمال الفيلسوف. إن أفضل الأسماء المقترحة من قِبَل هؤلاء، إلا إذا كان الأمر يتعلق بعمل أفْلَتَ من أيديهم ـ كما هي بالتحديد حالة «**تقويم الخطأ**»ـ هو كما يبدو لنا «**في اختلاف المناظر**»[1]. كما أن لدينا الترجمة اللاتينية التي وضعها جيرار دو كريمون لأحد كُتُب الكندي وعنوانها *Liber de Causis Diversitatum Aspectus* (وهي تسمّى عادة *De Aspectibus*). ولا شك في

---

(١) أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠هـ/ ١٩٧١ ـ ١٩٧٢م)، ص ٣١٥ ـ ٣٢٠، وبخاصة ص ٣١٧؛ أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، [تحقيق] يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٣٦٦ ـ ٣٧٨، وبخاصة ص ٣٧١، وأبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، شرح وتحقيق نزار رضا (بيروت: دار مكتبة الحياة، [١٩٦٥])، ص ٢٨٥ ـ ٢٩٣، وبخاصة ص ٢٩٠.

أن هذا العنوان اللاتيني هو ترجمة للعبارة العربية **في علل اختلاف المناظر**. لذلك يتطابق هذا العنوان اللاتيني مع العنوان العربي الوارد سابقاً، مع اختلاف طفيف، مما يدفعنا إلى أن نرى هنا إشارة إلى مؤلِّف واحد. غير أنه يبدو لنا أن العبارة التي نقلها جيرار دو كريمون هي الأكثر صحة، وذلك ليس فقط لأنها مُتَرْجَمَة، بل بِفضل مقارنتها مع العناوين المعطاة في ذلك العصر لهذا الطراز من الأعمال، ومنها على سبيل المثال العنوان الذي أعطاه معاصر الكندي قسطا بن لوقا لأحد أعماله[٢]. أما غياب كلمة «علل» فتفسيره سهل من خلال المرونة المعروفة جيداً في استشهادات ذلك العصر. لذلك، من المحتمل تماماً أن الكتاب الذي وصل إلينا في ترجمة جيرار دو كريمون هو الكتاب نفسه الذي يذكره الكندي في تمهيده. وبموجب هذه الفرضية، لا يأتي كتاب **تقويم الخطأ** قبل *De Aspectibus*، بل يليه. وهذان العملان يشكلان سوية القسم الأساسي من الكتابات المنسوبة إلى الكندي في علم المناظر، بالمعنى القديم للمصطلح.

إن التسلسل التاريخي لكتابات الكندي البصرية واضح إذاً، فشرحه النقدي لاحق لمساهمته الخاصة في هذا الميدان. وهذا التسلسل التاريخي يفسر، على الأقل جزئياً، المعنى الذي حمله الشرح النقدي. فالكندي يتفحص تعريفات وقضايا أقليدس على ضوء نتائجه الخاصة، ويُدخل انتقادات كان قد وجهها إلى أقليدس خلال إعداد كتابه، ويصحح ما يراه خطأً، ويقترح براهين أخرى تبدو له أفضل، ويوضح بوسائله الخاصة الأفكار الغامضة. ومن البديهي أن هذه القراءة لا يمكن اعتبارها تنقيحاً، حتى ولو صدرت عن عالم بارز كنصير الدين الطوسي أو عن رياضي مطلع كابن أبي جَرَّادة. فالكندي لا يسعى لوضع كتاب للتعليم في علم المناظر مخصص لأن يجد موقعه بين الكتب «المتوسطة» «في الترتيب التعليمي» بين **الأصول** و**المجسطي**. فهو ينوي تناول «**علم المناظر**» لأقليدس بطريقة نقدية، كما أن هدفه يختلف عن هدف شارح تقليدي - يتمثل في فهم النص مع إعادة وضع بنيته وتماسكه الداخلي - بل هو يسعى لمتابعة عمل العالِم: فهُوَ عندما يتناول النص، فإنه لا يهدف إلى تصحيحه بقدر ما يعمل على تجاوزه. ومن البديهي أن شرحاً مكتوباً انطلاقاً من هذه الأهداف لا يمكن أن يكون محايداً، بل يكاد يؤدي إلى تحويل اتجاه «علم المناظر». ومن المفارقات أن هذا التحويل هو الذي يعطي الشرح

(٢) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٤٨٣ من هذا الكتاب.

أهميته الكبرى في تاريخ علم المناظر، فهو يكشف المعنى الجديد الذي تَتَّخِذُهُ المفاهيم القديمة، وبذلك يساعد بشكل أفضل على فهم المعاني التي قصدها الكاتب صاحب المؤلَّف الذي يتناوله الشرح.

في هذا الميدان سنتعقّب ما كتبه الكندي. في البداية في انتقاداته لمفاهيم أقليدس، ثم في قراءته الفيزيائية إلى حد ما للبصريات الإقليدية، وأخيراً في محاولته لإعادة تنظيم نظرية البث.

أولاً: الشعاع والمخروط البصريان: مفهوم أقليدس ونقد الكندي

يبتدىء كتاب «**علم المناظر**» لأقليدس في النصين G_1 وG_2 بسبعة تعريفات هي في الواقع فرضيات أو مسلمات. لِنورِدْ هذه التعريفات استناداً إلى G_1:

١ ـ الخطوط المستقيمة الخارجة من العين تنتشر على فاصل مقادير كبرى (διάστημα μεγεθῶν μεγάλων)؛

٢ ـ الشكل الذي تحيط به الأشعة البصرية (ὑπὸ τῶν ὄψεων) هو مخروط رأسه في العين وقاعدته على مستوى أطراف ما يرى؛

٣ ـ ما نراه هو ما تقع عليه الأشعة البصرية، وما لا نراه هو ما لا تقع عليه الأشعة البصرية؛

٤ ـ ما نراه بزاوية أكبر يبدو أكبر، وما نراه بزاوية أصغر يبدو أصغر، ويبدو مساوياً ما نراه بزاوية مساوية؛

٥ ـ ما نراه تحت أشعة (ὑπὸ ... ἀκτίνων) أكثر ارتفاعاً يبدو أكثر ارتفاعاً، وما نراه تحت أشعة أقل ارتفاعاً يبدو أقل ارتفاعاً؛

٦ ـ وبشكل مماثل (καὶ ὁμοίως)، ما نراه تحت أشعة أكثر يمنة يبدو أكثر يمنة، وما نراه تحت أشعة أكثر يسرة يبدو أكثر يسرة؛

٧ ـ ما نراه تحت عدد أكبر من الزوايا يبدو أوضح.

نشير أولاً إلى أن هذه المسلمات الموجودة في G_1 وG_2 مع بعض الاختلافات في الصياغة وبخاصة بالنسبة إلى الأولى، لا ترد جميعها في A أو في K، فالمسَلَّمة الخامسة والسادسة غير موجودتين في هذين النصين

الأخيرين. ويصبح هذا الأمر أكثر إثارة عندما نلاحظ أن هاتين المسلمتين في G_1 وG_2 ترتبطان بعلاقة لا نجدها بين المسلمات الأخرى. والمسلمة السادسة أُدرجت دون أن تكون متميزة فعلاً، وهذا ما يؤكده وجود تعبير «بشكل مماثل» (ὁμοίως) في بداية العرض. غير أننا نعرف أن أقليدس قد قدم هذه المسلمات باعتبارها «تعريفات»، كان يفترض بها أن تكون متميزة تماماً الواحدة من الأخرى. لذلك، إن عدم وجود هاتين المسلمتين في النسختين A وK يعزز الشكوك حول أصالة النص اليوناني المنقول.

ومن جهة أخرى، لا ترد المسلمة الرابعة في A وK بالشكل الذي نجدُه في G_1 وG_2، فهي تتضمن في الوقت نفسه السابعة. إذ نقرأ في A: «وما أُبْصِرَ من زاوية عظيمة ظهر عظيماً؛ وما أُبصر من زاوية صغيرة، ظهر صغيراً؛ وما أبصر من زوايا كثيرة، ظهر كثيراً؛ والأشياء التي تبصر من زوايا متساوية تظهر متساوية». ونستطيع التحقق أن هذه الصياغة تجمع في النصين G_1 وG_2 المسلمتين الرابعة والسابعة.

باختصار، لقد تعرض نص المسلمات التمهيدية إلى تحويرات مهمة خلال انتقال مخطوطات النصوص المختلفة؛ كذلك، تطرح المسلمتان الخامسة والسادسة تساؤلات حول أصالتهما.

وإلى هذه الشكوك النصية نضيف أخرى غيرها، وهي ترتبط بتعريف المفهوم المؤسس في «**علم المناظر**»، والأمر هنا أكثر خطورة، فهو يتعلق بالمسلمة الأولى التي لم يكف الحديث، ومنذ زمن طويل، عن غموضها في النص G_1. هكذا ترد المسلمة في هذا النص:

... τὰς ἀπὸ τοῦ ὄμματος ἐξαγομένας εὐθείας γραμμὰς φέρεσθαι διάστημα μεγεθῶν μεγάλων.

الخطوط المستقيمة الخارجة من العين تنتشر على فاصل مقادير كبرى،

هذه الجملة معناها غير مرضٍ. أما في النص G_2 فالوضع أفضل، غير أن هذا بذاته لا يثبت أي شيء، بالطبع، حول التتابع التاريخي للنصوص.

نقرأ في G_2:

... τὰς ἀπὸ τοῦ ὄμματος ὄψεις κατ' εὐθείας γραμμὰς φέρεσθαι διάστημά τι ποιούσας ἀπ' ἀλλήλων

الأشعة البصرية الخارجة من العين تنتشر بخطوط مستقيمة محدثة فاصلاً معيناً بعضها مع البعض الآخر.

نلاحظ بشكل خاص أن النص هذه المرة يشير إلى «الأشعة البصرية» (حيث G_1 لا يتكلم إلا عن «خطوط مستقيمة»)، وكذلك إلى الفواصل التي تفصل في ما بينها، والتي هي ضرورية للمفهوم الإقليدي عن «الشعاع البصري».

أخيراً نقرأ في النص A:

إن الشعاع يخرج من العين على خطوط مستقيمة مختلفة الأبعاد والمقادير وتحدث به سموت مستقيمة لا نهاية لكثرتها[٣].

هنا لا ترد «الأشعة» و«الفواصل» فحسب، بل أيضاً اختلاف «المقادير» و«اللانهاية»، وهذان المفهومان الأخيران أساسيان أيضاً في علم المناظر الإقليدي.

نلاحظ إذاً أن النصوص الثلاثة تتداخل دون أن تتطابق. والنصان الأخيران، أي G_2 وA، هما بلا ريب أقرب إلى بعضهما البعض، لكن A هو النص الأكثر اكتمالاً. وإذا عدنا إلى الفرضيات الثلاث الأولى نرى أن النظرية التي تبرز منها ترتكز على أشعة بصرية خارجة من العين، تنتشر بخطوط مستقيمة وتدخل في تماس مع المرئيات. والأشعة تنبعث جميعها من نقطة من العين وتتباعد بمقدار بعد المرئي. وبذلك تُحدِّد هذه الأشعة مخروطاً رأسه هو هذه النقطة وقاعدته هي المرئي. إلا أن أقليدس لم يوضح ولا لمرة واحدة طبيعة هذا المخروط[٤].

ونحن نسلِّم بسهولة أن أقليدس كان باستطاعته أن يثير ما يكفي من الاعتراضات ليدحض نظريته الخاصة. وهذا يعني أن لهذه النظرية في ذهن أقليدس دوافع أعمق من الجهل بالشروط الحقيقية للرؤية. لذلك تنبغي معرفة

---

(٣) أقليدس، علم المناظر: (Leyde, Or.133), fol. 59ᵛ, and (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494), fol. 81.

(٤) كان ألبرت لوجون (Albert Lejeune) محقاً عندما كتب: «بالنسبة إلى أقليدس لا نستطيع أن نجزم بأي شيء مؤكد». انظر: Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*, université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philologie; 3. sér., 31 fasc. (Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux du «recueil», 1948), p. 63.

هذه الشروط، على الأقل جزئياً، لنفهم بشكل أفضل مبادىء النظرية الأصلية وتحولاتها على أيدي الكتاب اللاحقين وبخاصة الكندي.

ومما لا شك فيه أن أحد هذه الشروط ينتج عن الإمكانية التي توفرها هذه النظرية لتطبيق الهندسة على الرؤية المباشرة. وبشكل أكثر دقة، لا تسمح هذه النظرية إلا بتطبيق خاص للهندسة، كما كان يفهمه القدماء. والأمر لا يتعلق بتطبيق الرياضيات بمعنى «الرياضيات المختلطة» على طريقة رياضيّ مثل دالمبير (d'Alembert)[٥]. كذلك لا ينبغي فهم هذا التطبيق كتركيب للرياضيات والفيزياء كما فهم ذلك ابن الهيثم[٦].

بل إنه عند أقليدس تطبيق للهندسة على آلة «Organon»[٧]. فالشعاع البصري عنده لا يملك سوى البنية الهندسية، ولا يرتبط بشكل متعمد لا بفيزياء الضوء ولا بفيزيولوجيا العين. وقد لاحظ بعضهم بحق[٨] أن مسلمات علم المناظر لا تذكر طبيعة الشعاع البصري ولا طبيعة الضوء، كما لا تذكر طبيعة العين باعتبارها عضو الرؤية. إذ إن أقليدس لا يلمّح مطلقاً في أي

(٥) R. Rashed, «Conic Sections and Burning Mirrors: An Example of the Application of Ancient and Classical Mathematics,» in: Kostas Gavroglu, John Stachel and Marx W. Wartofsky, eds., *Physics, Philosophy, and the Scientific Community: Essays in the Philosophy and History of the Natural Sciences and Mathematics in Honor of Robert S. Cohen*, Boston Studies in the Philosophy of Science; v. 163 (Dordrecht; Boston, MA: Kluwer Academic, 1995), pp. 357-376.

(٦) Roshdi Rashed, «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» papier présenté à: *Roemer et la vitesse de la lumière: Table ronde du centre national de la recherche scientifique, Paris, 16 et 17 juin 1976*, avant - propos de René Taton, collection d'histoire des sciences; 3. L'Histoire des sciences: Textes et études (Paris: J. Vrin, 1978), pp. 19 - 44.

ورد أيضاً في: Roshdi Rashed, *Optique et mathématiques: Recherches sur l'histoire de la pensée scientifique en arabe*, Collected Studies Series; CS 378 (Aldershot, [Hampshire]: Variorum; Brookfield, VT: Ashgate Pub. Co., 1992), chap. 4.

(٧) انظر الهامش رقم (٥).

(٨) Gérard Simon, *Le Regard, l'être et l'apparence dans l'optique de l'antiquité*, des travaux (Paris: Seuil, 1988), p. 64.

هذا ما يعنيه أيضاً لوجون عندما يكتب: «إن الفرضية التي تقول إن نظرية الشعاع البصري ليست في الأصل سوى ترجمة هندسية لمفهوم السينوجيا (نفوذ واندماج الشعاع البصري مع الضوء الخارجي) عند أفلاطون تبقى غير مؤكدة». انظر: Lejeune, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*, p. 63.

مكان من كتابه إلى نظريات في الضوء والرؤية قد تتقارب مع النظريات الأفلاطونية. وهو يدخل في تعريفاته مفهومي الشعاع والمخروط البصريين، كما يدخل في القضية رقم (18) (السطر ٢٧) ومن دون شرح مفهوم «شعاع الشمس» (ἡλίου [...] ἀκτίς)، ويتم ذلك كله دون أن يتوقف أقليدس عند خصائص كل واحد من هذه المفاهيم. وبالنسبة إليه، إن «الشعاع البصري» و«شعاع الشمس» هما قطعتان مستقيمتان تجمع كل منهما بين نقطة ـ مصدر (سواء أكانت العين أم الشمس) ونقطة ـ جسم. وهذه القطعات المستقيمة تتباعد بعضها عن بعض كلما ابتعدت عن المصدر، وتمتد طالما لم يوقفها جسم عائق؛ كما أن عددها غير محدود وهي تشكل زوايا. بذلك، يكون كل من الشعاع البصري وشعاع الشمس جهازاً (Organon)، فالشعاع البصري هو أداة لاستكشاف المرئي ولتحديد محيطه، وذلك بواسطة مصطلحات الزوايا والمسافة والاتجاه. وهذه هي المفاهيم الأساسية في فن الرسم المنظوري القديم، أما شعاع الشمس، فهو أداة لاستشكاف قياس الجسم. وبصفته هذه فقط يتَوَسَّطُ في علم المناظر.

إن هذا البناء الهندسي الثنائي المصمم في آن واحد للشعاع البصري ولشعاع الشمس، أو ببساطة، كما نقرأ في G_2، لكل شعاع (πᾶν φῶς)، هو مبني على هذا التماثل بين الشعاعين وليس على هذا التشابه أو ذاك في الظروف. وهذا التماثل يرتكز هو نفسه على دراسة للظاهرات تجمع بين الرؤية والانتشار. فانتشار الضوء والرؤية، بالنسبة إلى أقليدس وكذلك بالنسبة إلى خلفائه قبل إصلاح ابن الهيثم، لا ينفي أحدهما الآخر، بل يستجيبان للشروط نفسها التي تسمح بوجودهما. لنلاحظ أن ابن الهيثم كان أول من مَيّز بوضوح وبشكل ما بين شروط الرؤية وشروط الانتشار(٩). أما بالنسبة إلى أقليدس فإن عملية الرؤية تتم وفق نموذج عملية الإضاءة، وذلك انطلاقاً من نقطة هي رأس المخروط المؤلف من خطوط مستقيمة تنتشر في الفضاء، وقاعدته هي المقدار المضاء أو المرئي. وبنية الرؤية هي بنية الانتشار انطلاقاً من نقطة مصدر. لذلك نستطيع بالطبع استعارة مفردات الانتشار لنتكلم عن الرؤية. غير أن ذلك ليس ممكناً إلا في فراغ فيزيائي وفيزيولوجي، أو بشكل أكثر دقة في

---

(٩) ورد في: Roshdi Rashed: «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» *Archive for History of Exact Sciences,* vol. 6, no. 4 (1970), pp. 271-298, et *Optique et mathématiques: Recherches sur l'histoire de la pensée scientifique en arabe,* chap. 2.

حياد فيزيائي فيزيولوجي، وهذا الحياد ليس فقط شرطاً لتصور التماثل الذي ذكرناه بين الشعاع البصري وشعاع الشمس، بل هو أيضاً سمة مميزة لـِ «**علم المناظر**» لأقليدس. ونحو هذه النقاط بالتحديد سَتُوَجَّه انتقادات الرياضيين والفلاسفة أمثال الكندي.

في مؤلف *De Aspectibus* كما في كتاب **تقويم الخطأ** ينحاز الكندي بشكل عام نحو النظرية الإقليدية في الانتشار، لكنه لا يتوانى عن تصحيح عدة نقاط فيها. أما الإصلاح الأكثر جذرية، والذي سَيُحَوِّلُ «**علم المناظر**» لأقليدس انطلاقاً من ذلك الوقت، فيعود إلى أن الكندي لا يعتبر الشعاع والمخروط البصريين محايدين أنطولوجياً، بل يعتبر أنهما مُخَصَّصَان فعلاً بطبيعة فيزيائية. نورد في البداية ما كتبه الفيلسوف في *De Aspectibus*:

> «والشعاع هو ضياء الجسم المضيء على أجسام مُعتمة، <الضياء> كلمة مشتقة من كلمة ضوء بسبب تحول العوارض الواقعة على الأجسام التي تتلقى هذا الضياء. لذلك، فالضياء مع ما يكون فيه الضياء، هو جميعه شعاع. والجسم الذي يحدث الضياء هو جسم له ثلاثة أبعاد: الطول والعرض والعمق. إذاً، لا يتبع الشعاع خطوطاً مستقيمة يكون بينها فواصل»[١٠].

إنَّ للشعاع البصري إذاً، حقيقة فيزيائية، وهي لا تسمح بتصوير المخروط البصري على الطريقة الإقليدية التي تفرض أنه مؤلفٌ من أشعة بصرية منفصلة. لذلك ينبغي من الآن فصاعداً تناوله على الطريقة البطلمية كحجم من الإشعاعات المتواصلة.

لا يقدم الكندي المزيد من الشرح حول طبيعة هذا الضياء، غير أنه يشدد هنا وهناك على الجانب النشيط بل الدينامي للشعاع البصري. فهذا الشعاع يتمثل في كتاب **تقويم الخطأ** في أنه «قوة نورية تؤثر فيما لاقت من الجو أجمع ضياء»، وهو «ضياء شعاعي». كذلك، بالإضافة إلى المصطلحات المعبرة عن فكرة النشاط، يجري استخدام كلمتي «النور» (Lumen) و«الضوء» (Lux) اللتين تتكرران بانتظام تحت قلم الكندي. أخيراً، إن المخروط

---

(١٠) انظر لاحقاً ص ٤٠١، السطر ٦، وص ٤٠٣، السطر ١٣ من هذا الكتاب.

البصري، الذي هو بشكل واضح عند الكندي مخروط أسطواني، هو «كالعضو للحي، به الناظر يحسّ كلّ ما لامسه من الأجسام»[١١]. لذلك، لن تصطدم دراسة الرؤية بالمسألة الخطيرة حول التأثير عن بعد، طالما أن الكندي، وكما فعل سابقوه، يختار النموذج اللمسي للرؤية.

إن انحرافات الكندي هذه عن مفاهيم **«علم المناظر»** لأقليدس تعود إلى أصول متنوعة. وإذا كانت الحدود الراهنة لمعارفنا تسمح لنا بإرجاع مفهومه للمخروط والنموذج اللمسي إلى مؤلِّفين من العصور القديمة المتأخرة، فإن إصراره على الطبيعة الثلاثية الأبعاد للشعاع، وبشكل أعمّ على المضمون الفيزيائي للمخروط، يجعل هاتين الخاصتين تبدوان بشكل واضح من نتاجه الخاص. وهذا المفهوم عن «القوة النورية» التي تنبث في الفضاء المحيط بشكل مخروط رأسه هو الناظر نجده مرة أخرى كلمة بكلمة في مؤلف أقليدس المزعوم **في المرايا**[١٢]. كما أن النموذج اللمسي يظهر في سياق نظري مختلف، في **المسائل** المنسوبة خطأً إلى أرسطو[١٣]، وكذلك عند جالينوس[١٤] وعند خلفائه العرب[١٥]. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن الكندي، ومن أجل إصلاح مفهوم الشعاع البصري العائد لأقليدس في **«علم المناظر»**، قد استعار بعض التعديلات التي أدخلها إلى هذا المفهوم علماء الهندسة البصرية الذين أتوا بعد أقليدس بفترة طويلة من الزمن، وذلك كما وردت في نظرية بطلميوس التي وصلت إلى الكندي بشكل غير مباشر[١٦].

---

(١١) انظر لاحقاً كتاب في **تقويم الخطأ**، ص ٢٢٨، السطر ١٢ ـ ١٨ من هذا الكتاب.

(١٢) انظر الملاحظات الإضافية التابعة لكتاب في **تقويم الخطأ**، ص ٣١٥ من هذا الكتاب.

(١٣) Aristote, *Problèmes*, texte établi et traduit par Pierre Louis, collection des universités de France; 0184-7155, 3 vols. (Paris: Belles lettres, 1991-1994), III, 10, 872b, 4 sqq.

(١٤) Galen, *De Placitis Hippocratis et Platonis*, ed. and trans. by P. de Lacy, Corpus Graecorum Medicorum; VII (Paris: [s. n.], 1978), vol. 5, pp. 5-11 and 40-41; vol. 7, p. 16, and vol. 8, p. 22.

(١٥) حول مؤلف قسطا بن لوقا، انظر الملحق رقم (٢) من هذا الكتاب، ص ٤٨٣. انظر أيضاً:
Hunain Ibn Ishaq, *The Book of the Ten Treatises on the Eye Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809-877 A.D.)*, the arabic text edited from the only two known manuscripts, with an english translation and glossary, by Max Meyerhof, publications de l'université égyptienne, faculté de médecine; no. 1 bis., 2 pts. (Cairo: Government Press, 1928), pp. 109-110 of the arabic text.

(١٦) انظر لاحقاً.

لكن، لماذا أراد الكندي إصلاح النظرية الإقليدية للشعاع البصري، في حين أنه لم يرفض مفهوم البث؟ سؤالٌ يفرض نفسه، لا سيما أن مفهوم الشعاع المنبث من العين لم يكن يملك تحديدات قوية بما فيه الكفاية ليعطل سير البحث، باستثناء مفهوم النقطة ـ المصدر والاتجاه. لذلك، كان باستطاعة مفهوم الشعاع البصري أن يشكل أيضاً في عصر الكندي أداة بحث مفيد في إطار رؤية من النمط الإقليدي. وأفضل ما نقوم به هنا هو الاستشهاد بلوجون:

> «طالما أنه، وعلى طريقة أقليدس، تم حصر موضوع علم المناظر في الجانب الهندسي البحت للظواهر، فإن فرضية الأشعة البصرية تقدم وحدها جميع العناصر الضرورية والكافية لبناء نظرية مُرضية للإدراك البصري في الفضاء عن طريق الاستنتاج»(١٧).

من جهة أخرى، إذا لم يكن الكِندي يَوَدُّ استبعاد هذا المفهوم بل تصحيحه، ألا يثبت هذا الأمر أنه كان لا يزال يجد فيه بعض الميزات؟

ما هي إذاً الأسباب التي حثّته على سلوك سبيل التصحيح؟ يبدو أن السبب الأول يتعلق بفلسفة طبيعية تتجاوز كثيراً الإطار الخاص بعلم المناظر. ذلك أنه من فترة قريبة تمت الإشارة(١٨) إلى ترابط بين مفهوم الشعاع البصري العائد للكندي والمفهوم المصاغ في كتاب منسوب إليه وهو ***De Radiis Stellarum***. ونجد فيه عرضاً لنظرية تتعارض مع المفهوم الإقليدي الهندسي البحت للشعاع البصري. إذ نقرأ هناك:

> «كل ما له وجود حالي في عالم العناصر يبث أشعة في جميع الاتجاهات، وهي تملأ بطريقتها الخاصة العالم الأولي بكامله. وينتج من ذلك أن كل مكان من هذا العالم يحتوي على أشعة من جميع الأشياء الموجودة بالفعل في هذا العالم، وكما أن الأشياء تختلف فيما بينها،

(١٧) Lejeune, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*, p. 31.

(١٨) انظر بخاصة: Graziella Federici-Vescovini, «La Tradizione Stoica et il Pensiero di Alkindi,» in: *Studi sulla Prospettiva Medievale*, Pubblicazioni della Facoltà di lettere e Filosofia, Università di Torino; v. 16, fasc. 1(torino: G. Giappichelli, 1965), p. 44 sqq.

كذلك أشعة كل منها تختلف بالأثر والطبيعة عن أشعة جميع الأشياء الأخرى، وهذا ما يجعل أنه في جميع الأشياء المتنوعة يكون فعل الأشعة متنوعاً»(١٩).

وإذا كانت الأشعة تتميز بطبيعتها كما بأثرها، فإنه ينبغي في كل مرّة تحديد السمات المميزة لهذا الشعاع أو ذاك، وكذلك إظهار المضمون الفيزيائي الكامن للمفهوم الهندسي البحت. وهذا بالتحديد ما حاول الكندي القيام به في التعريف الغامض قليلاً للشعاع، والذي قرأناه سابقاً، وقد قام بمحاولته لكي يمنح المفهوم الهندسي قدرة على الفعل أو التأثير. وبغض النظر إذاً عن أصالة *De Radiis* (التي لم نَتَفَحَّصْها)، فإن هذه الفلسفة الطبيعية، التي سنتعرف بسهولة على أهميتها لدى العديد من كتاب القرون الوسطى من روجر بايكون (Roger Bacon) إلى روبرت غروسَّتَسْت (Robert Grosseteste)، تلائم تماماً مفهوم الشعاع البصري الذي أعده الكندي.

أما السبب الثاني فيرتبط بشكل أكثر مباشرة بعلم مناظر الكندي. وقد فرض نفسه نظراً للاتساع الذي أخذته دراسة انتشار الضوء، كما نراها فعلاً في كتاب *De Aspectibus*. كل شيء جرى وكأن معرفة أفضل لانتشار الأشعة الضوئية كانت تتطلب فهماً آخر للشعاع البصري، لكي يكون هذا الأخير الند الجدير بالأشعة الضوئية. فالشعاع البصري، بالنسبة إلى الكندي وكذلك بالنسبة إلى معاصريه، هو شعاع نوري كسائر الأشعة الأخرى العائدة للشمس والنار...، لكن دون أي مضمون له علاقة بالطاقة. فهو لا يسخِّن ولا ينتج ظلاً. من جهة أخرى، نشير إلى أن الكندي، في النصوص العربية المحفوظة، لا يذكر إلا نادراً مصطلح «الشعاع البصري»، في حين أن هذا المصطلح يرد كثيراً في الترجمة العربية لـِ «**علم المناظر**» لأقليدس. كما أن ندرة المصطلح المعادل للشعاع البصري في الترجمة اللاتينية لمؤلف الكندي لا يُمْكِنُها إذاً إلا أن تثير الدهشة وأن تدفع إلى ملاحظة حذر الفيلسوف إزاء هذا التعبير.

يتحدث الكندي بطيبة خاطر، لكن دون المزيد من الإيضاح، عن

---

(١٩) *La Magie arabe traditionnelle...*, introduction et notes bibliographiques de Sylvain Matton, Bibliotheca Hermetica (Paris: Retz, 1976), p. 89.

«الأشعة المضيئة» المنبثة من العين، وعن «القوة (Virtus) النورية» أو «شعاع العين» (Radius Oculi) في الترجمة اللاتينية. وهذه المصطلحات جميعها لها علاقة بشكل واضح بفيزياء نوعية على النمط الأرسطوي، حيث «القوة» هي قوة حركة ومادة.

أما السبب الثالث فهو تقني أكثر من سابقيْه. إذ كان ينبغي مراجعة مفهوم الشعاع البصري، وبالتالي مفهوم المخروط البصري، من أجل تفسير المناطق المختلفة لتجمع الأشعة في الفضاء. سنعود إلى هذا الموضوع لاحقاً.

لهذه الأسباب مجتمعة يبدأ الكندي برفض مفهوم المخروط البصري المؤلف من عدد لانهائي من الأشعة البصرية المتباعدة بفواصل. غير أن رفض الكندي يختلف عن الرفض الذي واجه به بطلميوس المفهوم نفسه. فالفيلسوف لا يقبل بأي ثمن فكرة اللانهائي الراهن[٢٠]، كما أنه لا يقبل بالتالي، لتشكيل المخروط، فكرة وجود عدد لانهائي من الأشعة البصرية التي لم تتحول إلى خطوط مستقيمة هندسية. وبصفته عالماً في الهندسة وفي علم المناظر، يصمم الكندي، فضلاً عن ذلك، المخروط البصري كقوة «تؤثر ضياءً فيما لاقت من الجو أجمع».

أخيراً، لا تملك الأشعة البصرية جميعها مصدراً واحداً هو نقطة داخل العين، كما هو الأمر عند أقليدس؛ لكن، عوضاً من ذلك، من «كل» نقطة من السطح الكروي للناظر، يخرج شعاع نحو كل نقطة من الجسم يمكن أن نصل إليها خطاً مستقيماً. هذه الطريقة الجديدة في تصور انتشار الأشعة البصرية هي بالتحديد التي ساعدته على تفسير تجمع الأشعة في بعض مناطق الفضاء.

ثانياً: الضوء والرؤية: التحويل الفيزيائي للبصريات الإقليدية

يوجّه الكندي إلى «**علم المناظر**» لأقليدس انتقادات عديدة، كما رأينا ذلك أكثر من مرة. وقد عرضها بإسهاب، على الرغم من أنها أتت مختلفة في *De Aspectibus* وفي كتاب **تقويم الخطأ**. غير أن القصد الذي يحكم هذه الانتقادات ليس هو نفسه في المؤلفيْن. إذ ان كتاب **تقويم الخطأ** يسعى إلى

(٢٠) انظر الملاحظات الإضافية التابعة لكتاب **تقويم الخطأ**، ص ٣١٥ من هذا الكتاب.

كشف التفككات في «**علم المناظر**» لأقليدس من أجل معالجتها، في حين أن انتقادات الكندي في *De Aspectibus* هي بمثابة وسائل من أجل رسم طريق خاص به وإعداد إسهامه الشخصي في علم المناظر. وهكذا نفهم أن النقد نفسه يمكن أن يكون له اتجاهان مختلفان ودوران مختلفان في هذين السياقين. وقد سبق أن صادفنا بعضاً من هذه الانتقادات، وسجلنا أنها ترتبط بالمفاهيم الأساسية لعلم المناظر القديم، كالشعاع البصري والمخروط البصري ونقطة الرؤية في العين... إن عددها وإلحاحها يقودان بالضرورة إلى السؤال عن مغزاها العميق:

هل أفضت هذه الانتقادات بالكندي إلى إصلاح نظرية أقليدس في علم المناظر لجعلها أكثر تماسكاً؟ هل هيأت للعالم البغدادي السبيل الذي يسمح بإعادة إعداد هذه النظرية نفسها؟ أو أخيراً، هل قادَتْه للشروع في هاتين المهمتين في آن واحد، وفق ما ورد في هذا الكتاب؟ بالطبع ينبغي علينا البحث عن الجواب في كتاب *De Aspectibus*.

إن النظرة الأولى على *De Aspectibus* قد تثير الدهشة. ذلك، وفي حين أن الكندي يدافع بطريقته عن نظرية البث، فإنه لا يكتفي بعرض الطريقة التي تبدو بها الأشياء للعين، بل يدرس أيضاً انتشار الضوء[(٢١)]. ومن هذه الثنائية تتركب ثنائية أخرى؛ ففي حين أن الكندي يحتفظ بالموقف التقليدي الذي بموجبه تَخْضَعُ الرؤيةُ وكذلك انتشار الضوء لشروط إمكان الحدوث نفسها، فإنه يحوّل في اتجاه أقرب إلى الفيزياء، عِلمَ المناظر الإقليدي الذي لا يقدِر أن يتلاءم مع مثل هذا التحول. إن علم المناظر لدى الكندي ذو وضع فريد، حيث تتعايش عناصر تقليدية مع أخرى أكثر حداثة، دون أن ينفي بعضها البعض الآخر. ونحن لا نخفي المخاطر الناتجة من هذا الوضع المتضارب الذي تَطَلَّب قرناً ونصف من الزمن قبل أن ينفجر.

يجب علينا إذاً في البداية أن نفهم ماهية هذا التحول «الفيزيائي» لعِلم المناظر الإقليدي. لذلك ينبغي تقديم مجموعتين من الحجج، ترتبطان إلى حد معين الواحدة بالأخرى. الحجج الأولى تعود بالذات إلى كتابة مؤلَّف

---

(٢١) انظر لاحقاً كتاب *De Aspectibus*، ص ٣٨٣ ـ٣٩٣ من هذا الكتاب.

De Aspectibus وإلى تنظيمه. هنا نشير إلى أن الفروقات بين هذا المؤلَّف و«**علم المناظر**» لأقليدس هي أبعد من أن تكون ضئيلة. بعد ذلك يبقى لنا أن نتوقف عند محتوى بعض القضايا.

يتألف كتاب *De Aspectibus* من أربع وعشرين قضية موزعة على عدة مجموعات. لقد جرى الفصل بين هذه المجموعات، وكذلك التقسيم الداخلي لكل منها، بشكل دائم تقريباً، وِفقاً لدراسة خصائص انتشار الضوء من جهة، وخصائص الرؤية من جهة أخرى. وهنا تلعب المفاهيم الفيزيائية في هذا التباين دور الفاصل. وهكذا تتضمن المجموعة الأولى القضايا الست الأولى التي تتناول جميعها الضوء وانتشاره. أما المجموعة التالية فإنها تتضمن أيضاً ست قضايا تتناول موضوع الرؤية، وتحتوي على نقد يوجهه الكندي إلى بعض المفاهيم الإقليدية. وتتألف المجموعة الثالثة من القضيتين رقمي (13) و(14). في القضية رقم (13) يبيّن الكندي أن الانتشار المستقيم للضوء لا يحدث في اتجاه مميّز، بل في جميع الاتجاهات. وفي القضية رقم (14) يستخلص بعض النتائج من القضية السابقة، ومنها النتيجة الأخيرة التي تتعلّق بانتشار الضوء انطلاقاً من قوس دائرة طوله أقل من نصف دائرة. وهذه الدراسة ستسمح له في ما بعد بتحديد ميزات المناطق المختلفة للحقل البصري. في القضية رقم (15) يسعى الكندي لإثبات أن الجسم المرئي لا يُدرَك خلال زمن، بل بشكل آنيّ. وتتألف المجموعة التالية من أربع قضايا، وهي تكشف عن تنسيق مُهمّ للغاية. فهي تبتدىء بالقضية رقم (16) المتعلقة بانعكاس الضوء على مرآة مسطحة. أما القضية التالية فهي تهتم أيضاً بالانعكاس على مرآة مسطحة لكنَّ هذا الانعكاس يَخُصُّ هنا الشعاع البصري. وتتناول القضية رقم (18) كُلَّ شعاع أكان ضوئياً أم بصرياً، وتدرس انعكاسه على المرايا الكروية. وَيتَتَابَعُ هذا التدرج المهم مع القضية رقم (19)، حيث يعالج الكندي مواضِع الصور الافتراضية في حالة المرآة المستوية، ثم مع القضية رقم (20)، حيث يُظهِر أن الشعاع المنعكس، مهما كان، لا ينعكس في زمن، وأخيراً مع القضية رقم (21) حيث يعود الكندي إلى مواقع الصورة. وتشكل القضية رقم (22) مجموعة وحدها، حيث يحاول الكندي إعداد مفهوم «قوة الإنارة» للضوء. أما القضيتان الأخيرتان من الكتاب فهما مخصصتان لعرض المسلمة الرابعة لأقليدس، كما ترد في تقليد النص K.

وقبل أن نتناول مجدداً بشكل أكثر تفصيلاً غالبية هذه القضايا، نلاحظ أن

هناك خلاصتين تفرض كل واحدة منهما نفسها. ذلك أن انتشار الأشعة الضوئية لم يعد موضوع بحث مترافق مع دراسة الرؤية فحسب، لكنه أصبح، بالإضافة إلى ذلك، مخصصاً لإعداد الدراسة لهذه الرؤية.

بعد ذلك يباشر الكِندي من جهة أخرى، البحث حول بعض الخصائص الفيزيائية للضوء مثل «قوة الإنارة» وزيادة كثافة الإنارة تبعاً لزيادة المصادر الضوئية... وقد يَحْدُثُ، أخيراً، أن يتكلّم الكِندي عن شعاعين في الوقت نفسه، الشعاع الضوئي والشعاع الذي بواسطته تحصل الرؤية. وهكذا لم تعد مهمة الكِندي في علم المناظر تُقتَصَرُ فقط على مَوضَعَة الصورة، أو بشكل أكثر دقة على التحديد الهندسي لموضعة الصورة، بل إن المهمات تضاعفت وتَنَوَّعت، ولكن دون أن يحدد الكندي لنفسه هدف تمييزها بوضوح. عندئذ نفهم لماذا يختلف كتاب *De Aspectibus* إلى هذه الدرجة عن «**علم المناظر**» لأقليدس، دون أن يقطع مع ذلك كل صلة مع هذا الكتاب. لكننا ندرك أيضاً أنه لم يصل بعد إلى الدقة النظرية التي بلغها ابن الهيثم بعد القطع مع أقليدس.

في الصفحات الأولى من كتاب *De Aspectibus* يكشف الكندي عن تصوره لعلم المناظر، ويقترح لهذا العلم طريقة بشكل ضمني على الأقل. فهذا العلم لا يمكن أن يكون إلا «برهانياً بشكل شمولي»، وطريقته تتطلب الانطلاق من «الأشياء الطبيعية» قبل المرور من خلال «المبادىء الهندسية». وهذا يعني أن علم المناظر يجب أن يكف عن الظهور كعلم هندسة، ولو كانت هذه الهندسة لِمَوْضَعَة الصورة. لكنّه لا يُشَكِّلُ «جُزءَ الرياضيات الأقرب من الفيزياء»، وفق تعبير أرسطو. إنه حقل ينبغي أن تتحد فيه الهندسة والفيزياء. غير أن هذا التصور لوضع علم المناظر ليس حديثاً بالنسبة إلى ذلك العصر، كما أنه ليس خاصاً بالكندي. فهو يرد في التمهيد المنسوب زعماً إلى ثيون الذي كان الكندي يعرفه بشكل أو بآخر، كما رأينا ذلك سابقاً. وهذا التصور نفسه قد صاغه بشكل واضح عالم آخر من فريق الكندي، هو قسطا بن لوقا الذي يكتب:

> «وأحسن العلوم البرهانية ما اشترك فيه العلم الطبيعي والعلم الهندسي، لأنه يأخذ من العلم الطبيعي الإدراك الحسي ويأخذ من العلم الهندسي البراهين الخطوطية ولم

أجد شيئاً تجتمع فيه هاتان الصفتان أكثر حسناً وكمالاً من علم الشعاعات، ولا سيما ما كان منها منعكساً عن المرايا»[٢٢].

وفق هؤلاء العلماء من القرن التاسع، تتطلب الطريقة الصحيحة في علم المناظر وانعكاس الضوء أن «نجمع» بين الرياضيات والفيزياء. لكن ماذا يعني هذا الجمع؟ فقد سبق وحذرنا من الخلط بين هذا «الجمع» وبين أحد المواقف اللاحقة في هذا الخصوص، بدءاً بموقف ابن الهيثم وصولاً إلى موقف دالمبير تقريباً. وكذلك لا يختلط هذا «الجمع» مع ذلك التطبيق للرياضيات من خلال مفهوم الآلة (Organon). فالفيزياء عند الكندي لها دور تلعبه. فهي لم تعد تتميَّزُ «بالحياد» أو بالغياب كما رأينا ذلك عند أقليدس. وسنرى لاحقاً أن نور المصادر الضوئية ينتشر وينعكس وينفذ في الأوساط الشفافة ويملك شدة متغيرة أو «قوة إنارة» هي نفسها موضوع تَدَرُّج.

وفي الواقع، كل شيء يجري وكأن الكندي، ومن أجل إصلاح «**علم المناظر**» لأقليدس، رأى نفسه مُرغَماً على تعديل مشروع هذا الأخير وعلى تحويل وجهته نحو الفيزياء. إن عدم اطلاعه على **علم المناظر** لبطلميوس، وهذا مؤكد حتى وإن وَصَلَتْهُ بعضُ أصداءِ هذا الكتاب[٢٣]، قاده إلى أن يعيد القيام بالمهمَّة التي قام بها هذا المؤلف وذلك «من أجل توسيع النظرية ودمجها مع مضمون فيزيائي إضافي»[٢٤] حسب ما عبَّر عنه د. لندبرغ بكل دقّة. والمصدر التاريخي الوحيد للكندي، والذي يمكن تحديده مباشرة، هو التمهيد للنص G_2 المنسوب زعماً إلى ثيون الاسكندري. وكما أشرنا، يحاول مؤلِّفُ هذا التمهيد أن يثبت الانتشار المستقيم لكل ضوء (πᾶν φῶς). لذلك يلجأ إلى الظلال وإلى انتشار الضوء من خلال النوافذ والفتحات. حتى إنه يعرض تجربة ويُمَرِّرُ الضوء عبر شق مستحدث في لوح. ولا يعود هذا المؤلِّف إلى مسألة الرؤية إلاّ بعد أن يُثبت هذا الانتشار المستقيم للضوء.

---

(٢٢) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٥١٦، السطر ١٥ ـ ١٩ من هذا الكتاب.

(٢٣) انظر **تقويم الخطأ**، ص ٢٣٣، السطر ٢٣ ـ ٢٥ من هذا الكتاب.

(٢٤) D. C. Lindberg, «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision,» *Isis*, vol. 62, no. 214 (December 1971), pp. 469-489, esp. p. 474.

ورد أيضاً في: D. C. Lindberg, *Studies in the History of Medieval Optics*, Collected Studies Series; CS 186 (London: Variorum, 1983), chap. 2.

ولقد كَتَبَ: «كون كل شعاع ينتشر وفق خط مستقيم هو محسوس وجلي لجميع الناس، فإنه [ثيون المزعوم] اهتم بالعين وبالأشعة التي تسقطها»[(٢٥)]. هذا بالتحديد هو المخطط الذي يضعه الكندي موضع التنفيذ. فالملاحظات السريعة الواردة في التمهيد تصبح عنده بمثابة موضوعات يسعى لتطويرها وبخاصة لإثباتها بواسطة الهندسة. لذلك يكرس الربع الأخير من *De Aspectibus* لقضايا وتجارب مخصصة لإثبات الانتشار المستقيم للأشعة الضوئية.

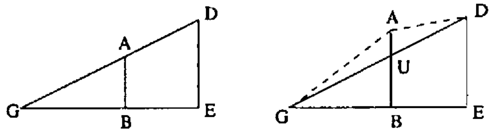
إن هذا الترتيب في كتابه *De Aspectibus* له أيضاً أهميته. في القضية الأولى يبين الكندي أنه إذا كان المصدرُ الضوئيُّ والجسمُ المضاء بهذا المصدر كرتين تملكان القطر نفسه d، حينئذ يكون الظل أسطوانياً، ويكون الظل المسقط على مستوٍ عمودي على المحور المشترك دائرة تملك القطر نفسه d. بالمقابل، إذا كان الجسم المضاء والظل المسقط على مستوٍ يملكان القطر نفسه d، حينئذ يكون المصدر الضوئي كرة قطرها d. وفي القضية الثانية يبين الكندي أنه إذا كان المصدر الضوئي يملك قطراً أكبر من قطر الجسم المضاء، حينئذ يكون الظل مخروطاً، ويكون الظل المسقط على مستوٍ عمودي على محور المخروط دائرة قطرها أصغر من قطر الجسم. وفي القضية الثالثة يبيّن الكندي أنه إذا كان المصدر الضوئي يملك قطراً أصغر من قطر الجسم المضاء، حينئذ يكون الظل جذعَ مخروطٍ، ويكون الظل المسقط على مستوٍ عمودي على محور جذع المخروط دائرة قطرها أكبر من قطر الجسم المضاء. وهذه القضايا الثلاث تسمح للكندي أن يُبَيِّنَ انتشار الضوء.

ويضيف الكندي إلى القضايا السابقة ثلاث قضايا أخرى مخصصة لإثبات المبدأ نفسه بشكل قاطع. وهكذا، يتناول في القضية رقم (5) مصدراً ضوئياً مستقيماً ED (أو مصدراً ضوئياً هو نقطة D) وجسماً مضاءً AB مستقيماً أيضاً. ويؤكد أنه إذا كان الظل هو BG، فإن التجربة تعطي $\frac{BG}{BA} = \frac{EG}{ED}$، وينتج من ذلك أن D وA وG تكون على خط واحد. فإذا لم تكن كذلك فعلاً، نرسم الخط DG الذي يقطع AB في U. المثلثان GBU وGED هما

(٢٥) Euclide, *L'Optique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke* (Paris: [s. n.], 1959), p. 54.

متشابهان فيكون $\frac{EG}{DE} = \frac{BG}{BU}$، وإذا قارنّا النسبتين، نحصل على BA = BU، وهذا تناقض.

الشكل رقم (٢ ـ ١)



في القضية السادسة يتناول الكندي ثقباً مضاءً بمصدر ضوئي، ويثبت إنطلاقاً من صورة هذا الثقب الانتشار المستقيم.

ويعود الكندي أيضاً إلى الانتشار المستقيم في القضية رقم (13)، حيث يقترب أكثر من أي مؤلف معروف قبله من مبدأ الانتشار المستقيم. وهو يريد أن يثبت في هذه القضية أن «الأجسام المضيئة تملك القدرة على تحويل الفضاء الذي تكتنفه، أي أنها تضيء كل ما هو موجود في المنطقة التي تستطيع إضاءتها». فلو كانت الأشعة الضوئية، في حالة المصدر الكروي، تنتشر وكأنها تنبثّ فقط من المركز، لَقَادَنَا الظلُّ الخاص بالعائق الكروي إلى نتائج متناقضة مع النتائج التي حصلنا عليها في القضايا الثلاث الأولى. كذلك، من المستحيل أن تكون الأشعة المنبثّة من المصدر جميعها متوازية، بموجب القضايا الثلاث الأولى. وإذا لم تصدر عن جسم مضيء سوى أشعة متوازية في اتجاه معين، فإن أي جسم موضوع خارج الأسطوانة المحدَّدة بهذا الاتجاه لا يمكن أن يكون مضاءً. لذلك لا يوجد اتجاه متميز لانتشار الضوء انطلاقاً من مصدر مُعَيَّن. ويُبَيِّن الكندي بواسطة مثال أنه لو وجدت اتجاهات خاصة لانتشار الضوء انطلاقاً من مصدر كروي، لكان لجسم كروي واحد ظلان أو عدة ظلال خاصة به في الوقت نفسه، وهذا متعارض مع ما يظهر للمراقب. ويعرض الكندي بعد ذلك مبدأ الانتشار المستقيم للضوء في كل اتجاه، أو كما يكتب:

> «لقد بيّنا إذاً على أمثلة كيف أن كل جزء من جسم منير يُضيء ما هو موجود مقابله، أي ما نستطيع انطلاقاً منه أن نُخرِجَ خطاً <مستقيماً> يَصِلُ إلى هذا <الجسم>»[٢٦].

(٢٦) انظر لاحقاً ص ٤٢٥، السطر ٢٥ ـ ٢٧ من هذا الكتاب.

وفي القضية التالية، أي القضية رقم (14)، يقدم الكندي إيضاحاً إضافياً. فالأشعة البصرية المنبثة انطلاقاً من نقطة a من سطح كروي، تنتشر وفق جميع الاتجاهات في نصف الفضاء المحدَّد بالمستوي المماس في a، ووفق هذه الاتجاهات فقط.

إن القضايا التي أوردناها للتو، نظراً إلى عددها وإلى المكان الذي تحتله في الإطار العام لكتاب *De Aspectibus*، تُظهر أن دراسة الانتشار المستقيم للضوء سَتَسْتَأْثِرُ، من بَعْدُ، بنصف موضوع البحث. ويبدو أن الكندي قد قام بهذه الدراسة لذاتها، وفي الوقت نفسه لأجل استخدامها كنموذج لدراسة الأشعة البصرية. وسنرى حالاً أن توسيع المذهب الإقليدي قد دفع الكندي إلى رسم المخروطات البصرية انطلاقاً من قوس دائرة أصغر من نصف الدائرة، وإلى تحديد أفضل لمفهوم الحقل البصري. وقد استخدم الكندي للأشعة البصرية كل ما تم إثباته للأشعة الضوئية في هذا الخصوص. وهذا المنهج يميز علم مناظر الكندي، منطقياً وتاريخياً في آن واحد. ففي الدراسة اللاحقة حول الانعكاس، أي في القضيتين رقمي (16) و(17) من كتاب *De Aspectibus*، يتساءل الكندي عن «العلّة التي تجعل حاسة البصر تدرك <الأجسام> المختلفة في المرايا». فالمسألة إذن تتعلّق بالرؤية. وللإجابة عن هذا التساؤل، يعالج الكندي أولاً انعكاس الأشعة الضوئية، ثُمَّ يُعَمِّمُ النتائج نفسها على الأشعة البصرية. وهو في هذا الصدد لا يتميز من أسلافه اليونانيين فحسب، بل أيضاً من معاصريه العرب.

يبيّن الكندي في القضية رقم (16) أن الشعاع الضوئي الساقط والشعاع المنعكس يشكلان زوايا متساوية. . لذلك يُوَفّق بين البرهان الهندسي ـ الذي يستخدم خصائص الخطين المستقيمين المتوازيين ومنصِّف القطعة المستقيمة ـ والتجربة (وهو يستخدم لكي يبين مسارات الأشعة، ألواحاً متوازية مع مرآة ومثقوبة بفتحات صغيرة).

وفي القضية رقم (17) تناول الكندي مجدداً الشعاع البصري بواسطة تشابه مبني على «طبيعة» الشعاع وعلى «حركته»، ويبدأ بقوله:

> «ثم بما أن الجو يتعرض من جانب البصر إلى انفعال مشابه للذي تحدثه أجزاء <جسم> مضيء، أي بما أن الشعاع ينتشر على استقامة الخطوط المستقيمة،

عندئذ ينعكس الشعاع الذي يحدثه البصر على الأجسام
المصقولة أيضاً على زوايا متساوية»[٢٧].

ولكي يثبت الكندي هذه القضية، فإنه يُحصي التشابهات التي تؤكّد الصلات بين الشعاع الضوئي والشعاع البصري، محدداً في الوقت نفسه، مفهومه الخاص للشعاع. وقد رأينا أن الشعاع الضوئي والشعاع البصري هما بالنسبة إلى الكندي «قوتان» تؤثران في الجو المحيط ضياءً. وكل من هاتين القوتين بطبيعتها لا تحرك الجسم الذي يقع عليه الشعاع. أما حركتها، فإنها تحصل في كل حالة وفق استقامة الخطوط المستقيمة. إذاً، هي حركة بسيطة، غير مركبة، ولها بداية ونهاية. وهذه النهاية يمكن أن تقع على أي بعد كان، لكن الحركة مع ذلك هي متناهية. ولكي يثبت تساوي الزوايا بالنسبة إلى الشعاع البصري، يلجأ الكندي إلى برهان الخُلْف؛ ويستخدم حينئذ المفاهيم السابقة التي تقول إنّ الانتشار المستقيم هو حركة بسيطة، غير مركبة، لا تحرك المرآة التي يقع عليها الشعاع.

من أجل تقدير المسافة التي قطعها الكندي، نقارن باختصار شديد منهجه مع مناهج أسلافه ومعاصريه. لقد درس هؤلاء جميعهم الانعكاس في حالة الشعاع البصري فقط؛ هكذا فعل هيرون الاسكندري وكذلك بطلميوس. فالأول عندما يثبت في كتابه **انعكاس الضوء** قانون الانعكاس، يتناول المرآة والعين والشعاع الخارج من العين[٢٨]. ويعرض بطلميوس بدوره القانون بالنسبة إلى الشعاع البصري بدقة عالية جداً. فيكتب أن المرئي «يجب أن يظهر في المرآة في نقطة التقاء الشعاع البصري مع الناظم الخارج من الجسم إلى المرآة (أي عمودياً عليها) وأن هذين الخطين المستقيمين يقعان على المستوي نفسه لأنهما متقاطعان؛ وأن هذا المستوي الذي يضمهما يجب أن يكون عمودياً على سطح المرآة، وأن الشعاع البصري المنعكس نحو الجسم يقع في المستوي المذكور آنفاً، وأن الناظم المرفوع على سطح المرآة في نقطة

(٢٧) انظر لاحقاً ص ٤٣٧، السطر ١ ـ ١٤ من هذا الكتاب.

(٢٨) Hero of Alexandria: *Opera quae Supersunt Omnia*..., ed. by W. Schmidt [et al.], Bibliotheca Scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana, 5 vols. (Lipsiae: B. G. Teubneri, 1899-1900), vol. 2: *Mechanica et Catoptrica*, pp. 325-326, and *Opera quae Supersunt Omnia*... (Stuttgart: [n. pb.], 1976).

الانعكاس هو خط التقاطع المشترك لجميع المستويات المختلفة الخاصة بانعكاس الشعاع البصري»(٢٩).

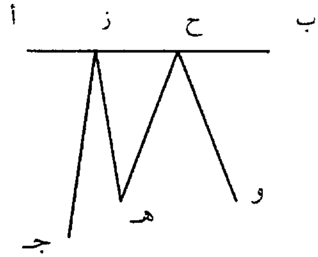
وأفضل من نستشهد به، من بين معاصري الكندي، هو قسطا بن لوقا الذي يقول في الفصل العاشر من كتابه:

« ـ ي ـ ما معنى انعكاس الشعاع عن الأجرام الصقيلة وعلى أي زوايا ينعكس؟

الشعاع البصري، بل كل شعاع، إذا لاقى جرماً صقيلاً انعكس منه على زوايا متساوية، وأعني بقولي زوايا متساوية أن تكون الزاوية التي يحيط بها الشعاع المنبث إلى الجرم الصقيل <مع الجرم الصقيل> مساوية للزاوية التي يحيط بها الشعاع المنعكس عن الجرم الصقيل مع الجرم الصقيل.

ولنجعل لذلك مثالاً خطوطياً يتبين به ما قلنا، أعني انعكاس الشعاع على زوايا متساوية.

الشكل رقم (٢ ـ ٢)



فلنتوهم سطحاً صقيلاً عليه أب وشعاعاً منتهياً إليه من نقطة هـ في هيئة مخروط عليه هـ ز ح، فيكون رأس المخروط الشعاعي نقطة <هـ> وقاعدته زح، فتكون الزاويتان اللتان يحيط بهما الشعاع المنبث إلى الجرم

(٢٩) Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, édition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune, collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 31 (Leiden; New York: E. J. Brill, 1989), p. 90.

الصقيل مع الجرم الصقيل زاوية هـ ز ح وزاوية هـ ح ز. ولينعكس شعاع هـ ز عن الجرم الصقيل على خط ز ج، ولينعكس شعاع هـ ح عن الجرم الصقيل على خط ح و، فتكون زاوية هـ ز ح التي يحيط بها الشعاع المنبث من البصر إلى الجرم الصقيل مساوية لزاوية أ ز جـ التي يحيط بها الجرم الصقيل مع الشعاع المنعكس. وكذلك أيضاً تكون زاوية هـ ح ز مساوية لزاوية ب ح و <و> يكون شعاع هـ ز هـ ح قد انعكس على زوايا متساوية/على خطي ز جـ ح و. فقد بيّنا كيف هو انعكاس الشعاع على زوايا متساوية»(٣٠).

صحيح أن ابن لوقا لا يعرض هذا القانون للشعاع البصري فقط، بل لأي شعاع، أكان بصرياً أم لا. غير أنه يثبته للشعاع البصري فقط. أما مع الكندي، وكما ذكرنا سابقاً، فإن التحول نحو المضمون الفيزيائي للمفاهيم الهندسية يتطلب في كل مرة مضاعفة البرهان. إذ يتم أولاً إثبات الخاصة للشعاع الضوئي، ومن ثم يتم إثباتها للشعاع البصري. لكن هذا البعد الفيزيائي، مهما كان متواضعاً، يحث الكندي على طرح مسائل يكون حلها، أحياناً، متعذراً عليه وعلى خلفائه أيضاً. إحدى هذه المسائل تظهر في القضية رقم (22) من كتاب *De Aspectibus*، وهي مسألة «قوة الإنارة» تبعاً لزيادة المصادر الضوئية. وقبل أن يشرح الكندي لماذا نُحِسُّ بضوء الأجسام المختلفة عندما تكون قريبة من العين بشكل أكثر جلاءً ووضوحاً مما هو عليه الأمر عندما تبتعد عنها، فإنه يريد أولاً أن يثبت أن مصدراً ضوئياً معيّناً يملك «قوة إنارة» معينة، وأن نسبة مصدر ضوئي إلى أحد أجزائه تساوي نسبة قوته كلها على قوة هذا الجزء. وهذا يعني أن قوة الإنارة هي فضلاً عن ذلك قابلة للحساب. ويحاول الكندي إثبات هذه القضية بواسطة برهان الخُلْف.

لِنفرض أن ab مصدر ضوئي بقوّة gd وأن a جزء من هذا المصدر بقوة g، وأن b هو الجزء الآخر بقوة d، بحيث يكون $g+d=gd$ وكذلك $a+b=ab$.

يفترض الكندي في البداية أنّ:

(٣٠) انظر لاحقاً ص ٥٢٦، السطر ٤ ـ ٥٢٧، السطر ٣ من هذا الكتاب.

يفترض الكندي في البداية أنّ:

$$\frac{d}{b} > \frac{gd}{ab} \quad \text{و} \quad \frac{g}{a} > \frac{gd}{ab}$$

ويكتب بعد ذلك:

ومن هذه النسب ينتج أنّ $\frac{gd}{ab}$، ستكون أكبر من $\frac{gd}{ab}$.

وهذا محال. لذلك يُمكننا أن نكتب:

$$\frac{d}{gd} > \frac{b}{ab} \quad \text{و} \quad \frac{g}{gd} > \frac{a}{ab}$$

فينتج من ذلك:

$$\frac{g+d}{gd} > \frac{a+b}{ab}$$

فنحصل على:

$$\frac{gd}{gd} > \frac{ab}{ab}$$

وهذا مستحيل. ويفترض بعد ذلك:

$$\frac{d}{b} < \frac{gd}{ab} \quad \text{و} \quad \frac{g}{a} < \frac{gd}{ab}$$

ويصل أيضاً إلى المحال.

حينئذ يستنتج الكندي في هذه الفيزياء الهندسية النظرية عن الضوء بعض القضايا الأخرى:

١ ـ إن نسبة قوة جسم مضيء إلى هذا الجسم المضيء هي دائماً نفسها.

٢ ـ إن قوة معينة تُحدث دائماً في شيء معين الضياء الوحيد نفسه.

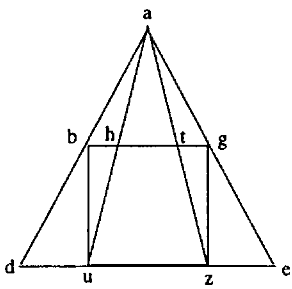
في الواقع، نستطيع مما سبق أن نستنتج فقط أنه إذا كان لمصدر ضوئي A قوة a وإذا كان B هو جزء من A وله قوة b، عندئذ نحصل على $\frac{a}{A} = \frac{b}{B}$؛ وهذا لا يؤدي إلى ثبات النسبة $\frac{a}{A}$؛ ويبدو أن الكندي لم يكن يريد تأكيد ثبات هذه النسبة الأخيرة، بل ثبات نسبة المفعول e لقوة p على شيء معين، وهذا يعني أن النسبة $\frac{e}{p}$ هي ثابتة.

ويبيّن الكندي بعد ذلك أنه، إذا كان جسم قريباً من مصدر ضوئي، فإنه يكون مُضَاءً بشكل أفضل مما هو عليه الأمر عندما يكون بعيداً عن المصدر.

وهذه القضية هي نفسها القضية الثانية من **علم المناظر** لأقليدس مع اختلافات أساسية؛ وذلك أن هذه القضية الثانية من **علم المناظر** تتناول الرؤية والعين والشعاع البصري، ويتم برهانها بواسطة مفهوم زاوية الرؤية؛ في حين أن قضية الكندي تتناول الضوء والمصدر الضوئي والشعاع الضوئي، ويتم برهانها بواسطة مفهوم «القوة».

لِنأخذ المصدر a والجسم bg، والخط de، الموازي للخط bg، والذي يقطعه الشعاعان ab و ag في d و e والعمودان bu و gz في u و z على التوالي بحيث يكون bg = uz. يبيّن الكندي أن الجسم الموجود في الوضع bg هو مضاء أكثر من الجسم الموجود في الوضع uz.

الشكل رقم (٢ ـ ٣)



يستند برهان الكندي إلى ما تم إثباته بالنسبة إلى قوة الإنارة، كما نستطيع أن نقرأ ذلك لاحقاً.

يُلَخِّصُ الكندي هذه القضية قائلاً:

> «إذاً، يؤثّر جسم مضيء في جسم قريب منه بقوة أكبر من القوة التي يؤثّر بها عندما يكون الجسم بعيداً. إذاً عندما يكون جسم قريباً من الجسم الذي يضيئه، فإنه بالضرورة يكون أكثر ضياءً مما هو الأمر عندما يكون بعيداً.. وذلك ما أردنا أن نبيّن»[٣١].

---

(٣١) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٤٦١، السطر ٩١ ـ ٩٧ من هذا الكتاب.

نلاحظ أن الكندي لا يشعر بالحاجة للعودة إلى مسألة الرؤية والشعاع البصري في حين أنه كان قد أعلن عن سعيه لِتَبْيين «لماذا ندرك ضوء <أجسام> مختلفة أكثر وضوحاً وجلاءً عندما تكون قريبة من البصر». وإذا كان الكندي، إلى هنا، قد ضاعف برهانه مثبتاً للشعاع البصري الخاصة التي قد أثبتها للشعاع الضوئي، فإن كل شيء يجري هذه المرة وكأنه يكفي إثبات هذه الخاصة للشعاع الضوئي فقط، وكأن ما تبقّى ليس بحاجة إلى برهان.

هنا، بلا ريب، يتجلى بأقصى قوة ما هو مُخْتَصٌّ بعلم مناظر الكندي، وما يُوَضِّحُ اختلافاته عن علم مناظر أقليدس. فهذا العلم عند الكندي لا يَنحَصِرُ كما عند أقليدس، في إطار الرسم المنظوري، أو في إطار هندسة الإدراك، بل ينزلق إلى ميدان علم المناظر الهندسي، هذا الميدان الذي لم يتم فتحه إلا بعد قرن ونصف القرن على يد ابن الهيثم. إن علم مناظر الكندي هو في الواقع فيزياء نوعية أنتجها علم المناظر الهندسي، مثلما أنتج هذا الأخير، في ما بعد عند ابن الهيثم، علم المناظر الفيزيائي. إن بروز المحتوى الفيزيائي يضع البذور الأولى لتحول لن يظهر إلا في نهاية عملية أكثر جذرية، أي بعد انفجار الصيغة المركبة «رؤية.. إضاءة» إلى قسمين منفصلين. وقد حاولنا وصف هذا الجزء من تاريخ علم المناظر في عمل آخر(٣٢). لكن ينبغي علينا الآن أن نعود إلى نظرية الرؤية في علم مناظر الكندي.

ثالثاً: الرؤية وإعادة ترتيب المذهب الإقليدي

لقد عرف فلاسفة وعلماء النصف الأول من القرن التاسع النظريات القديمة للرؤية، على الأقل في خطوطها الكبرى. ذلك أن ترجمة «**علم المناظر**» لأقليدس و *De Anima* لأرسطو ـ على الأقل إلى السريانية على يد حنين بن اسحق (٨٠٩ ـ ٨٧٧) ـ وبخاصة ترجمة أعمال عديدة لجالينوس

(٣٢) Roshdi Rashed: *Géométrie et dioptrique au X^e siècle: Ibn Sahl, al Quhi et Ibn al-Haytham*, collection sciences et philosophie arabes. Textes et études; 0761-2613 (Paris: Belles lettres, 1993), pp. lxviii-lxxv, et «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham».

على يد حنين أيضاً، قد قدمت لهؤلاء الفلاسفة والعلماء ما يكفي من المصادر التي تسمح لهم بالتعرف إلى هذه القضايا القديمة للرؤية، حتى وإن بقيت المعرفة بهذه القضايا غير مؤكدة. وكان حنين بن اسحق نفسه، وهو معاصر ومواطن للكندي، قد أشار إلى المجموعات الثلاث التي تتقاسمها مذاهب الرؤية، وذلك وفقاً لما أورده جالينوس، فقال:

«فنقول إن جسم المبصَر لا يخلو من أن يكون إنما يبصر من أحد هذه الثلاثة الوجوه أحدها أن يكون هو يرسل شيئاً منه إلينا فيدلنا به على نفسه حتى نعرفه ما هو. والثاني أن يكون هو لا يرسل شيئاً منه لكنه يلبث في موضعه على ما لم يزل. وتذهب منا إليه قوة الحس فنعرفه بها ما هو. والثالث أن يكون ههنا شيء آخر عندنا وعنده واسطة فيما بيننا وبينه هو الذي يأتينا بمعرفته، حتى نعرف ما هو»[٣٣].

بعد ذلك بدأ حنين بن اسحق مناقشة هذه المذاهب الثلاثة مشيراً إلى مضامينها. وبشكل عام، كان حنين يعرف أن الأمر يتعلق في كل حالة بإشارة خاصة بالجسم موضوع الرؤية، مُرسَلة أو مُستقبلة. وبكلام آخر، إن كل شيء يجري وكأن مذاهب الرؤية هذه، وعلى الرغم من اختلافاتها المتنافرة، تهتم بدرس طبيعة فعل الرؤية وبتحليل بسيط للمعلومات دون أن تطرح تساؤلات خاصّة بالطاقة.

إن المذهب الأول، وفق حنين، هو مذهب الإدخال الذي يستند إلى صُوَر المحسوسات أو إلى أشباحها؛ وبكلام آخر، نجد هذا المذهب ضمن نهج مشائي أو أبيقوري. أما الثاني فهو مذهب البث العائد لعلماء الهندسة القدامى، والمغتني إلى حدّ ما بمفهوم النَفَس (pneuma) الرواقي. وهذا المذهب هو تقريباً المذهب الإقليدي الذي يمكن أن نضيف إليه عنصراً مأخوذاً من جالينوس. وكمثال على ذلك، في القرن التاسع، تَبَنَّى قسطا بن لوقا معاصر الكندي هذا المذهبَ. فالشعاع البصري بالنسبة إليه «ينبث من الروح النفسانية (πνεῦμα ψυχικόν) التي تنبعث من الدماغ إلى الناظر في

---

(٣٣) حنين بن اسحق، «كتاب العشر مقالات في العين،» في: Ibn Ishaq, *The Book of the Ten Treatises on the Eye Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809 - 877 A.D.)*, p. 103.

العصبتين المجوفتين اللتين تنفذان من الدماغ إلى العينين، وينبث من العين في الهواء إلى المبصرات فيكون كالعضو للإنسان»[٣٤].

أما المذهب الثالث المفصل عند حنين، فهو المذهب الرواقي ـ الجاليني الذي بموجبه يبدِّلُ النَفَسُ (pneuma) الهواء المحيط فيحوِّله إلى عضو للرؤية[٣٥].

حول هذه المذاهب الثلاثة بالتحديد، لكن مع اختلاف في الترتيب، يبدأ الكندي نقاشه للرؤية في كتاب *De Aspectibus*، فيقول بطريقة مُقْتَضَبَة:

> «أقول إذاً إنه من المستحيل ألا تستقبل العين محسوساتها <إما> بواسطة أشكال محسوساتها التي تصلُ إليها وتتوجه نحوها، كما اعتقد معظم القدامى، <أشكال> تتسجل فيها؛ وإما <لأن> قوة تنبعث منها نحو محسوساتها، وبفضلها تستقبل هذه المحسوسات؛ وإما بهاتين الطريقتين في آن واحد؛ وإما <لأن> أشكال هذه <المحسوسات> تكون مُسَجَّلة ومنطبعة في الجو وأن الجو يسجلها ويطبعها في العين، والعين تستحوذ عليها بقدرتها على استقبال ما يطبعه الجو فيها بواسطة الضوء»[٣٦].

إن الكندي بخلاف حنين بن اسحق وعلى الرغم من موقعه في التقليد الأرسطي وتقليد الأفلاطونية المحدثة، يتبنَّى عمداً مذهب البث مع بعض الترتيبات له، ومع انتقادات مُوَجَّهة إلى جميع المذاهب الأخرى. فهو يرفض في كتاب *De Aspectibus* جميع أشكال مذهب الإدخال، في حين أنه في مؤلف **تقويم الخطأ** يبذل جهده ليظهر أن الناظر مركب بطريقة تسمح له بِبَثِّ الأشعة البصرية.

---

(٣٤) انظر لاحقاً كتاب قسطا بن لوقا، **كتاب في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر**، ص ٥٢٠ ـ ٥٢١ من هذا الكتاب.

(٣٥) ابن اسحق، المصدر نفسه، ص ١٠٩. يستخدم حنين استعارة «عصا الأعمى». أي أن الجو المحيط يكون وسيلة للرؤية كما هي العصا وسيلة للأعمى.

(٣٦) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٣٩٥، السطر ٤ ـ ١٠ من هذا الكتاب.

في الواقع، يقدم الكندي في *De Aspectibus* عدة حجج ضد جميع أشكال مذاهب الإدخال. ويتمثل هذا النقد، في النهاية، في إظهار استحالة نظرية إدخال الأشكال، واستحالة إدخال كُلّيات غير قابلة للتحليل إلى عناصرها البسيطة، وفي أن إدراك جسم ما يتعلق بموضعته في الفضاء العادي. وكما يكتب د. ليندبرغ: «باختصار، يرى الكندي أنه لا توجد وسائل يُمكن بواسطتها جعل نظرية الإدخال، التي هي بالنسبة إليه نظرية الأشكال المتماسكة، متوافقة مع قوانين المنظور»(٣٧). والحجة الأساسية التي يقدمها الكندي ضد هذه المذاهب هي أنه لو كانت هذه المذاهب صحيحة فإنه «ينبغي عندئذ على الدوائر الموجودة على المستوي نفسه مع الناظر أن تنتشر وتتجه نحوه وأن تُرى كما هي وفق كيانها الخاص»(٣٨). غير أن دائرة على المستوي نفسه مع العين لا تُرى في استدارتها كلها(٣٩)، وهذه الحجة كما رأينا مُستعارة من التمهيد المنسوب زعماً إلى ثيون. أما الحجة الثانية للكندي ضد مذاهب الإدخال فترتبط بالحركة الموضعية للألوان. ذلك أننا قد نعتقد أن إدراك الألوان يتم بفضل استقبال العين لأشكال المحسوسات، طالما أن هذه الأشكال هي «حدود الألوان». إلا أن هذا المظهر خادع، فالأشكال لا تتحرك، لكن الأجسام المضاءة تُحوّل الجو المحيط بإعطائه ألوانها. ويجد الكندي هنا أيضاً إثباتاً آخر للبث، فالرؤية تحصل بواسطة قوة شعاعية تنبعث من العين وتحول الهواء وفق خطوط مستقيمة.

ويتابع الكندي نقده لمذاهب الإدخال، فيستعير من أرسطو(٤٠) مثال الرؤية عند ضعيفي البصر، ذلك أن هذه الرؤية بسبب الضعف ترتد من الجو إلى البؤبؤ. كما أنه يأخذ من «التمهيد» الفرضية التي تقول إن عضو البصر يملك تركيباً ملائماً لوظيفته المتمثلة في بث الشعاع البصري. ويضيف الكندي إلى ما ورد حججاً أخرى سنراها لاحقاً.

ويثير الفيلسوف بعد ذلك عدة مسائل متعلقة بالرؤية. من بينها مسألتان

---

(٣٧) D. C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, University of Chicago History of Science and Medicine (Chicago, IL: University of Chicago Press, 1976), p. 23.

(٣٨) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٣٩٥، السطر ١٤ ـ ١٦ من هذا الكتاب.

(٣٩) المصدر نفسه.

(٤٠) Aristote, *Météorologiques*, texte établi et traduit par Pierre Louis, collection des universités de France; 0184-7155, 2 vols. (Paris: Belles lettres, 1982), III 4 373b, 2-10.

مهمتان بشكل خاص، الأولى ترتبط بِتَغَيُّر قابلية الرؤية تبعاً للمناطق المختلفة للمخروط البصري، والثانية تتعلق بالرؤية غير المباشرة. وبالنسبة إلى هذه المسألة الأخيرة يتناول الكندي حالتين: الأولى هي الرؤية بالانعكاس على المرايا، والتي يعالجها في كتاب *De Aspectibus*، والثانية هي الرؤية في وسط ذي شفافية مختلفة عن شفافية الوسط الذي تقع فيه العين، وقد تناولها الكندي في كتيب سنراه لاحقاً.

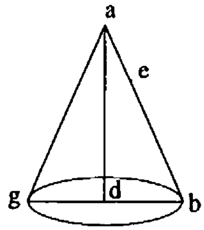
في القضية رقم (8) من كتاب *De Aspectibus* يذكر الكندي أننا ندرك المرئيات بشكل أكثر وضوحاً عندما تكون بقرب محور المخروط البصري؛ وبما أن العين متحركة، فإن كل وضع من أوضاعها يقابله مخروط معين. والناظر يوجه إذاً محور هذا المخروط نحو الجسم الذي يريد رؤيته.

لفهم طبيعة هذه الظاهرة، يباشر الكندي في القضية رقم (12) بعرض آراء القدامى، لكن دون أن يسميهم ودون أن يقدم إشارة تسمح لنا بتسميتهم دون مجازفة. ومهما يكن من أمر، فإن الفكرة الأساسية لهؤلاء القدامى تتمثل في أن أي شعاع موجه نحو الجسم هو أكبر من محور المخروط البصري، فينتج من ذلك أن أي نقطة غير مركز دائرة القاعدة هي أبعد عن العين من المركز، وبالتالي فإنها تُرى أقل وضوحاً من هذا المركز. وفي الواقع كلما ابتعدت النقطة عن البصر، كلما كان الشعاع الذي يقع عليها أضعف، لذلك تُرى أقل وضوحاً. وبكلمات أخرى، بالنسبة إلى هؤلاء القدامى، فإن ابتعاد الجسم هو وحده سبب هذه الظاهرة. لكن هذا بالتحديد ما يرفضه الكندي هنا مستنداً إلى «مبادىء الطرائق الطبيعية» التي تؤول في الأساسي منها إلى مبدأين: يقول الأول منهما: «ما يُدْرَكُ بالبصر بغض النظر عن المسافة هو اللون»[٤١]؛ ويستند الثاني إلى تغير قوة (أو شدة) الشعاع البصري، بالإضافة إلى تغير المناطق المختلفة للمخروط البصري. إن هذه الخطوة كبيرة وتستحق أن نتوقَّف عندها. يحاول الكِندي في البداية، وذلك بتقديمه عدة حُجج، استبعاد تفسير هذه الظاهرة بواسطة المسافة وحدها. نعرض هنا إحدى هذه الحجج: نأخذ المخروط abg، حيث a هو الرأس وd مركز دائرة القاعدة وe نقطة على ab بحيث يكون $ae < ad$. بموجب قاعدة المسافة لدينا $ae < ad$، إذاً النقطة e ترى أكثر وضوحاً من d. لكن وفق القدامى، «ما هو موضوع

(٤١) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٤١١، السطر ٢١ ـ ٢٣ من هذا الكتاب.

في مركز الرؤية يرى أكثر وضوحاً مما يقع خارج <المركز>». إذاً ترى النقطة d أكثر وضوحاً من e، وهذا تناقض.

الشكل رقم (٢ ـ ٤)



لا تثير اهتمامنا هنا قيمة هذه الحجة، ولا قيمة الحجج الأخرى المخصّصة لدحض التفسير بواسطة المسافة وحدها، بل ما يهمنا أكثر هو النهج النقدي الذي يكمن فيها. على أي حال يقدم الكندي بعد ذلك تفسيره الخاص الذي مفاده أن شدة الشعاع البصري أو قوته تقوم بـِ «التحويل». ويبدو أن الكندي كان يقصد بـِ «التحويل». الإشارة إلى فعل الشعاع البصري الذي يجعلنا نرى ألوان المرئي أكثر وضوحاً، أي فعل إضاءة المرئي والجو المحيط به من أجل إبراز الألوان على أفضل شكل. وقد سبق أن أكَّدَ الكندي أن «حدود» هذه الألوان ليست سوى أشكالها. والبصر الشديد وحده، والأكثر قوة، يرى الألوان بشكل أوضح. ويكتب الكندي: «من بين الأشعة البصرية، إن الشعاع الذي يملك المزيد من القوة ليقوم بهذا التحويل يدرك بشكل أقوى <الجسم> المرئي»[٤٢]. إلا أن الشعاع الأقوى هو ذلك الذي يقع في مركز دائرة القاعدة. وهكذا فإن «قوة» الشعاع تتغلب في هذا الشرح على المسافة، أو كما قال ليندبرغ بحق إن الكندي «على الأقل قد ربط وضوح الإدراك بموقع الجسم في الحقل البصري أكثر مما ربطه ببعد الجسم عن العين»[٤٣].

لكن، في الواقع، لماذا يكون الضوء القوي هو الذي يقع في منطقة المخروط البصري بالقرب من مركز قاعدته؟ ولماذا يكون الضوء أكثر ضعفاً كلما ابتعد عن المركز؟ لا يجيب الكندي عن هذا التساؤل إلا بعد إثبات الانتشار المستقيم للضوء في كل اتجاه انطلاقاً من مساحة كروية، وذلك في

---

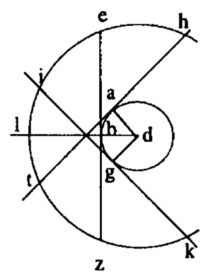
(٤٢) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٤١٥، السطر ٥٦ ـ ٥٧ من هذا الكتاب.

(٤٣) Lindberg, Ibid., p. 27.

القضية رقم (13) من *De Aspectibus* حيث يثبت، كما رأينا، أن الأشعة المبثوثة انطلاقاً من نقطة ما من سطح كروي تنتشر وفق جميع اتجاهات نصف الكرة المحدَّدة بالمستوي المماس للكرة في هذه النقطة، ووفق هذه الاتجاهات فقط. ويضيف بعد ذلك في القضية رقم (14) من الكتاب نفسه مبدأين، أحدهما فيزيائي، والآخر له علاقة بعلم التشكل. وفق المبدأ الأول، تزداد شدة الضوء تبعاً لزيادة المصادر الضوئية، أي أن ضوء شمعتين هو أشد من ضوء شمعة واحدة. وبموجب المبدأ البصري الوارد في *De Aspectibus* وفي كتاب **تقويم الخطأ**، فإن العين كروية ومتحركة؛ ومن كل نقطة من البؤبؤ، الذي هو سطح كروي محدب، ينبعث إذاً شعاع نحو أي نقطة يمكن أن نُخرج إليها خطاً مستقيماً.

والعناصر التي عرضها الكندي حتى هذه اللحظة، باستثناء ما يَخُصُّ تَشَكُّل العين، تتعلق بنظرية انتشار الضوء. لكن، وبما أن شروط إمكان الرؤية وانتشار الضوء ما تزال هي نفسها عند الكندي، فإنه لا شيء يمنع من استخدام هذه العناصر للأشعة البصرية، بما فيها المبدأ الفيزيائي، وهذا ما يَسْمَحُ بالإجابة عن السؤال السابق حول الرؤية. لنأخذ إذن دائرة abg، مركزها العين d؛ ونفرض أن القوس abg هو البؤبؤ؛ ونرسم الخطوط المماسة في b و a وg لهذه القوس.

الشكل رقم (٢ ـ ٥)



يبيّن الكندي ما يلي:

١) ينتمي الجزء it في آن واحد إلى المناطق الثلاث المحدَّدة بالنقاط a و b وg؛ لذلك تصل إلى هذا الجزء الأشعة الخارجة من هذه المناطق الثلاث للعين.

٢) ينتمي كل واحد من الجزأين ie وtz إلى منطقتين.

٣) ينتمي كل واحد من الجزأين eh وzk إلى منطقة واحدة.

٤) إذا أخذنا عدداً أكبر من النقاط، فإن أنصاف الفضاء المرتبطة بها تقسم الحقل البصري إلى عدد أكبر من المناطق. والمنطقة المركزية هي التي تتلقى العدد الأكبر من الأشعة، لذلك تُرى بشكل أوضح وبقدر ما نبتعد عن النقطة l فإن وضوح الرؤية يقل.

هكذا يشرح الكندي في تحليل أخير الظاهرة التي تناولها، وهي أن الرؤية تكون أكثر وضوحاً قرب مركز دائرة قاعدة المخروط البصري. ونسمح لأنفسنا أن نركز مرة أخرى على هذه النقطة، فالكندي يستخدم، بشكل صريح خلال برهانه، الانتشار المستقيم للضوء الذي أثبته في القضية رقم (13)؛ وهكذا فإنه يتناول نقاطاً خارج المنطقة المحدَّدة بالمخروط البصري حتى عندما يتعلق الأمر بإمكانية الرؤية. وهذا المنهج مهم في تاريخ علم المناظر، ذلك أنه يبدأ بتناول الظاهرة نفسها لانتشار الضوء قبل أن يعود إلى الأشعة البصرية. وهذه الأشعة البصرية أصبحت تنبعث من كل نقطة من سطح الدائرة إلى كل نقطة من الحقل البصري، وبذلك يتخلَّى الكِندي عن التقابل القديم بين كل شعاع وكل نقطة من الجسم. وهذا المفهوم الجديد بالتحديد هو الذي سمح بالتمييز بين أشعة الحقل البصري. كما أننا نلاحظ أيضاً إدخال المعنى الفيزيائي للظاهرة، أي «قوة» الإشعاع، وإن كان ذلك بشكل حَذِر. وقد تم تصور هذه القوة نوعاً ما بشكل مَتَدَرِّج وجَمْعي. ونشير أخيراً إلى أن الكندي أصبح يعتبر أن القدرة على إدراك المرئي (potentia comprehendendi uisibile) ليست متمركزة في نقطة واحدة، بل توجد على كل السطح الكروي للعين أي على الناظر. وبذلك يُخالِف الكندي جميع الأشكال المعروفة لنظرية الشعاع والمخروط البصريين.

باختصار، يبتعد الكندي عن جميع النظريات المعروفة للشعاع والمخروط البصريين في عدة نقاط هي:

١) مفهوم الشعاع والمخروط.

٢) مفهوم المنطقة، من العين، التي يُمكن أن تكون فعَّالة.

٣) طبيعة التقابل بين كل نقطة من هذه المنطقة وكل نقطة من المرئي.

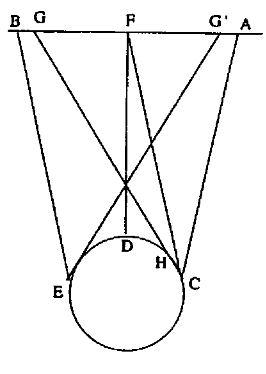
٤) إذا كان الكندي قد بقي في إطار التقليد الذي يقول إن «الرؤية هي

الإضاءة»، فإنه من الثابت على الأقل أن إدخال الاعتبارات الفيزيائية عن «الشدة»، والتي هي مشتركة لجميع الأضواء، كان بداية مسار طويل أفضى مع ابن الهيثم إلى انفجار هذا التقليد بأكمله.

إن مسألة الاختلاف بين مناطق الشعاع البصري وتغيُّر وضوح الرؤية قد شكلت إذن نقطة انقطاع مع علم المناظر الإقليدي. لذلك ليس مفاجئاً أن يتوقف الكندي عند هذه المسألة في كتاب **تقويم الخطأ** ليحصر دراسته هذه المرة بالمخروط البصري طالما أن الأمر يتعلق بشكل واضح بشرح نقدي لـِ«**علم المناظر**». هذه إذن، ونشدد على هذا الأمر، مسألة مرتبطة بالسابقة دون أن تكون مع ذلك مماثلة لها. فالأمر يتعلق بإثبات أن ما تقع عليه أشعّة أكثر يُرى أكثر وضوحاً. في كتاب **تقويم الخطأ** يقدم الكندي برهانه على الشكل التالي:

ليكن CDE الناظر وDF المنصّف المشترك لـِ AB وCE، والحزمة المخروطية للأشعة البصرية الساقطة على القطعة AB محصورة بين CA وEB. بما أن القوس CDE أصغر من نصف دائرة، نستطيع أن نخرج شعاعاً من أي نقطة من هذا القوس إلى النقطة F. فإذا كان الخط المماس في النقطة C يقطع AB في G، فإننا نستطيع أن نخرج شعاعاً بصرياً من النقطة C إلى أي نقطة من AG، لكن في هذه الحالة لا يصل أي شعاع بصري خارج من C إلى نقطة بين B وG. لنأخذ الآن نقطة H بالقرب من C، إن أي شعاع خارج من H لن يصل إلى نقطة بالقرب من B. وإذا كان الخط المماس في E يقطع الخط المستقيم AB في G′، فإن أي شعاع خارج من E لن يصل إلى نقطة بين G′ وA.

الشكل رقم (٢ ـ ٦)



لذلك تقع على كل نقطة من 'GG أشعة بصرية خارجة من كل نقطة من القوس EDC. لكن عدد الأشعة البصرية الساقطة على نقاط القطعتين GB وG'A يقل كُلّما اقتربنا من B أو A. لذلك يُرى الجزء 'GG من القطعة AB أكثر وضوحاً من طرفي القطعة.

باختصار، يمزج الكندي على امتداد مساره، وجهات النظر إلى درجة تجعله غير قادر على التخلص تماماً من بعض الغموض. والأمر لا يتعلق فقط بالالتباس في بعض المفاهيم، وذلك أن موقعها في التصور النظري الجديد يثير بعض المشاكل. وجهة النظر **الأولى** تتعلّق بالانتشار المستقيم في جميع الاتجاهات انطلاقاً من كل مصدر، بما في ذلك العين. في هذا المجال انتهى الأمر بالكندي إلى ترك إطار المخروط البصري ليتبنَّى تصوراً للحقل البصري أكثر تقدماً. أما وجهة النظر **الثانية** فترتبط بشدة الأشعة بما فيها الأشعة البصرية. ذلك، وفي حين أنه لا يوجد اتجاه مميز للإشعاع وفق وجهة النظر الأولى، فإن الثانية تُمَيِّزُ اتجاه المحور. وهذا الغموض سيزول تلقائياً عندما يتم التخلي عن نظرية الشعاع البصري. لكن هذا التخلّي لم يحصل بعدُ عند الكندي الذي يكرس القضية رقم (8) وكذلك القضية رقم (10) من كتاب *De Aspectibus* لإعداد هذه الفكرة عن الاتجاه المميز. فهو يعتبر أن «القوة المنبعثة من البصر» تكون أقوى على امتداد محور المخروط وتضعف كلما ابتعدت عنه. غير أننا نستطيع أن نلفت الانتباه إلى أن هذا المفهوم للمحور البصري، والذي نعرف أهميته بالنسبة إلى الرؤية بالعينين الاثنتين، غير مُوَفَّق، لكنه وصل إلى الكندي بالإرث مع المفهوم المصحح للمخروط البصري. وقد ورد في **علم المناظر** لبطلميوس[٤٤]، ثم تناوله دميان (Damien)[٤٥]. فضلاً عن ذلك، هناك احتمال لأن يكون الكندي قد اطلع على هذا المفهوم في كتاب ثيون الذي يذكره تلميحاً والذي كان يتضمن بعض الأصداء من **علم المناظر** لبطلميوس[٤٦]. مع ذلك يبقى أن نقول إن هذا المفهوم الذي أعاد ابتكاره الكندي أو أخذه عن القدماء، قد أصبح جزءاً من تصور نظري مختلف.

---

(٤٤) Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, pp. 19 - 20 et 26 - 27.

(٤٥) Damianos, *Schrift über Optik*, ed. K. Schöne (Berlin: [n. pb.], 1897), esp. paras. 9-10.

(٤٦) انظر لاحقاً في **تقويم الخطأ**، ص ٢٣٣، السطر ٢٣ ـ ٢٥ من هذا الكتاب.

ذلك أن الأشعة عند العالم البغدادي لا تنبث من نقطة ـ مصدر في العين أو على العين، بل تأتي من كل نقطة من الناظر نستطيع أن نُخرِج منها إلى الجسم خطاً مستقيماً. وهكذا فإن «مركز الرؤية»، وفق التعبير الخاص بالكندي، هو بالتحديد المكان الذي يلتقي فيه العدد الأكبر من «أجزاء البصر» التي تضيئه. لذلك يكون هذا المركز مُضَاءً بشدة أكثر طالما أنه يتلقى مزيداً من الأشعة أكثر من أي مكان آخر، ويكون ذلك أيضاً بموجب المبدأ الفيزيائي الذي عرضه الكندي ومفاده أن شدة الإضاءة تزداد تبعاً لعدد الأشعة. وقد حاول الكِندي بالتحديد تفسير ظاهرة تغيّر كثافة الأشعة البصرية، هذا التغير الذي لا يمكن أن يُرَدَّ إلى نظرية المخروط البصري، بواسطة أشعة مركزية وأخرى جانبية.

لكن كيف يكون عندئذ المخروط البصري ورأسه؟ يتحدَّث الكِندي في كتاب **تقويم الخطأ**، كما نذكر، عن «ضياء صنوبري» (مخروط من الإشعاعات) رأسه «عند الناظر» (بالقرب من الناظر)، وهذا المصطلح مبهم إلى حد بعيد. وإذا استندنا إلى ما يؤكده الكندي في القضية رقم (14) من *De Aspectibus*، أي ما مفاده أنه من كل نقطة من الناظر تنبث أشعة، فإننا نستطيع أيضاً اعتبار كل نقطة من هذه النقاط كرأس لمخروط من الأشعة. وبعبارة أخرى، نحصل على جذع مخروط تكون إحدى قاعدتيه الناظر، كما نحصل على عدد من المخروطات بعدد نقاط الناظر. غير أن الكندي يلتزم الصمت التام بهذا الصدد، فهو لا يجيب عن هذا التساؤل، بل إنه، من جهة أخرى، لا يثيره. إن البرهان في القضية رقم (1) من كتاب **تقويم الخطأ** لا يتعلق، في الواقع، سوى بجذع المخروط. لكن نرى على الشكل التابع لهذه القضية، في المخطوطة وكذلك في اقتباس ابن عيسى أن رأس المخروط محدّد، وهو يتطابق مع مركز دائرة تمثل من دون أي شك المقلة. وهذه الكرة، فضلاً عن ذلك تتحرك، لتأخذ في كل مرة، وضعاً أمام المرئي في الاتجاه الأكثر فائدة، أي الاتجاه العمودي. وإذا أخذنا كل شيء في الاعتبار نقول إن هذا المركز، الذي لا يرد ذكره في النص لكن فقط على شكل القضية، هو نقطة هندسية بحتة تظهر هنا بانتظار أن تصبح فعّالة في القضايا اللاحقة عندما يجري استخدام زاوية الرؤية والقطر الظاهري. . . . أي جميع المفاهيم الضرورية للمنظور. والغموض الذي يحافظ عليه الكندي بصدد رأس هذا المخروط لا يبدو عَرَضياً بل هو أساسي. ولهذا السبب لا يتوسع

الكندي في شرح ذلك في كتاب *De Aspectibus*. فهو يؤكد في القضية رقم (9) أن الأمر يتعلق بمخروط يقع رأسه على الناظر في المكان الذي تنبث منه «القوة» (cuius extremitas acuta existit apud aspicientem et, uirtutis processionem). كل ما نستطيع قوله هو أن الكندي، في هذا الكتاب، يحتفظ بهذا المفهوم للمخروط ورأسه الذي هو مركز المقلة المتمثلة بكرة ويكون الناظر رأس هذه الكرة، وذلك لكي يحيل الأمور على مسائل الرسم المنظوري. وعلى هذا الأساس تبدو هذه المفاهيم عند الكندي ذات طبيعة مزدوجة وفق السياق الذي يكون أحياناً هندسياً وأحياناً أخرى فيزيائياً. وهذه الازدواجية بالتحديد هي التي تميز علم مناظر الكندي من علم المناظر الذي انطلق منه، وهو علم مناظر أقليدس.

يصل الكندي بعد ذلك إلى مسألة الرؤية غير المباشرة، فَيَتناول في البداية مسألة الرؤية بالانعكاس في المرايا. وقبل أن يحلها يحاول أولاً «تحييد» الزمن، وذلك لعدة أسباب من بينها دون شك تبرير الملاحظة الشائعة بأن الرؤية تحدث بلا زمن. لذلك يبذل جهده في القضية رقم (15) من *De Aspectibus* لكي يثبت أنه لا يمر زمن بين اللحظة التي نرى فيها جسماً قريباً واللحظة التي نرى فيها جسماً بعيداً. أو كما يستنتج: «إذاً لا ترى المرئيات خلال زمن». بعد ذلك يثبت القضايا أرقام (16) و(17) و(18) التي ورد ذكرها والمتعلقة بانعكاس الضوء والشعاع البصري على المرايا المسطحة والكروية. وفي القضية رقم (19) يتناول الرؤية بالانعكاس على مرآة مسطحة. في بداية هذه القضية يسعى الكندي لدحض النظرية التي بموجبها ينطبع شكل الجسم في المرآة، وذلك بإسهاب وبواسطة العديد من الحجج. ويعلن في استنتاجه:

> «إن الإمكانية الوحيدة المتبقية إذن هي أن المرئيات لا تُلتقط بواسطة المرايا إلا بانعكاس يذهب من المرايا نحو المرئيات، وبسقوطٍ... لشعاع ناتج عن الانعكاس»[٤٧].

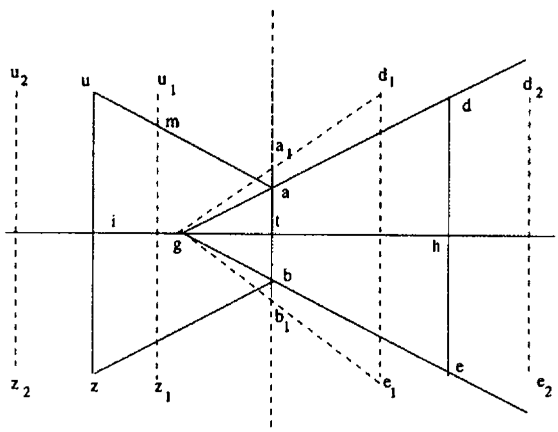
(٤٧) انظر لاحقاً *De Aspectibus*، ص ٤٤٧، السطر ٨١ ـ ٨٥ من هذا الكتاب.

لنأخذ برهان الكندي:

لنفترض المرآة ab والعين g ومركز المرآة t، مع ab⊥gt؛ تحدد الزاوية agb حقل ما هو مرئي في المرآة. لنأخذ d على ga وe على gb بحيث يكون de⊥gt، و uz الخط المتناظر مع de بالنسبة إلى ab.

يُبَيِّنُ الكندي أن الجسم uz يُرى في de: وذلك أن ga ينعكس وفق au وgb وفق bz، فينتج تساوي الزوايا من التناظر.

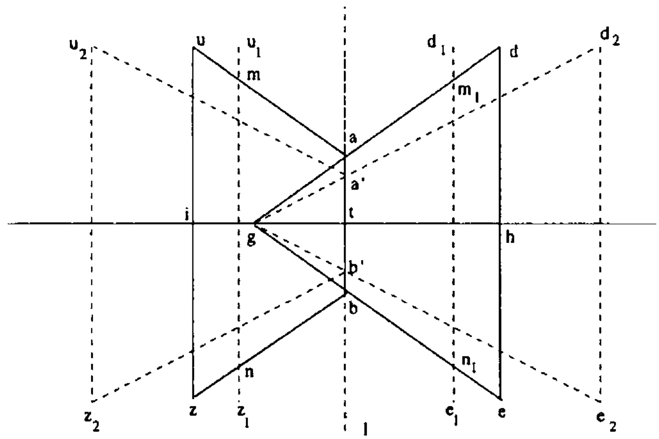
الشكل رقم (٢ ـ ٧)



وإذا اقترب الجسم من المرآة في الوضع u_1z_1، فإن d_1، وهي صورة u_1، وe_1، وهي صورة z_1، تصبحان خارج المخروط البصري. لذلك لا ترى العين سوى الجزء mn.

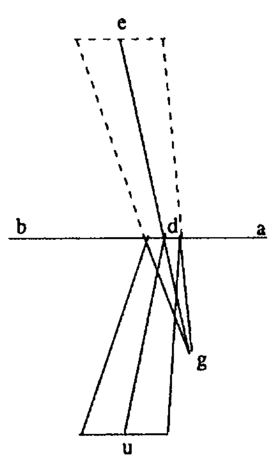
بالمقابل، إذا كان الجسم الكروي في الوضع u_2z_2، تكون الصورتان d_2 وe_2 داخل المخروط. وتستخدم العين الجزء a'b' من المرآة لرؤية الصورة d_2e_2. لذلك، وِفقَ الكندي، لا تتم الرؤية في المرآة بانطباع شكل الجسم، بل بواسطة انعكاس الشعاع البصري على المرآة. وهكذا فإن الرؤية المباشرة أو غير المباشرة، بواسطة الانعكاس، تحصل دائماً بالطريقة نفسها.

الشكل رقم (٢ ـ ٨)



بعد ذلك يتساءل الكندي، في القضية رقم (21)، لماذا ترى العينُ الجسمَ في الموضع e وليس في موضعه الحقيقي u. ويشرح، انطلاقاً من الملاحظة ومن قانون الانعكاس ومن الفكرة التي مفادها أن الرؤية تتم وفق خطوط مستقيمة وليس وفق خطوط منكسرة، أن الجسم لا يُرى لا في النقطة u، التي هي موضعه الحقيقي، ولا في النقطة d من المرآة، بل في النقطة e من الخط المستقيم gb، وهذه النقطة e متناظرة مع u بالنسبة إلى المرآة.

الشكل رقم (٢ ـ ٩)



أقل ما نستطيع قوله هنا، في هذا الجزء كما في الجزء السابق، هو أن دراسة انتشار الأشعة الضوئية قد دفعت الكندي إلى تعديل بعض المفاهيم الأساسية للنظرية القديمة للرؤية، دون أن يُقْدِمَ مع ذلك على رفض نظرية البث.

ولئن كان الضوء والرؤية في «**علم المناظر**» لأقليدس مترابطين بشكل وثيق، وخاضعين تماماً لشروط إمكان الحدوث نفسها، أي أنهما، باختصار، يتكلمان بلسان واحد، إلا أن دراسة الرؤية كان لها الأولوية، على الرغم من أن الضوء والشعاع الضوئي، بشكله الشمسي، كانا حاضرين. إن كاتب التمهيد المنسوب زعماً إلى ثيون، لم يخالف أقليدس في دراسته عن الضوء والظلال، لأن الرؤية والضوء عنده لا يتعارضان ولا يفترقان. والنتيجة الأساسية في «**علم المناظر**» هي تلك النظرية الهندسية عن الإدراك البصري التي تَعْتَبِرُ العينَ نقطةً ـ مصدراً لخطوط الرؤية؛ وهذه النظرية معروضة، مع التفاصيل التي نعرفها، في «**علم المناظر**» لأقليدس. مع الكندي لم يحصل تغيير شامل لعلم المناظر، باستثناء اختلاف أساسي وهو أن دراسة انتشار الضوء قد تقدمت هذه المرة وانتزعت من الرؤية حق الصدارة. بذلك حصل تقسيم أفضل لميدان علم المناظر، وهو تقسيم عفوي لم يحاول الكندي، من دون شك، أن يبنيه على قواعد نظرية صلبة. غير أن الوضع الجديد كان مولّداً لإصلاحات تناولت «علم المناظر»، وقد أصبحت آنذاك ضرورية. فقد بدا أن دراسة انتشارِ الضوءِ، تتطلَّب على الأقل بعض المفاهيم الفيزيائية التي كان ينبغي ضَمَّها إلى المفاهيم القديمة. لكن النتائج التي توصل إليها الكندي خلال دراسة الانتشار أتت بدورها لِتُعَدِّلَ نظرية الرؤية، ومع ذلك لم يحاول الكندي بشكل واضح أن يربطَ، بطريقة ما، بين الخصائص الفيزيائية للانتشار وحالة الرؤية.

إن هذه الروابط المتعددة الأشكال، الحاضرة باستمرار، والمنسوجة بين الضوء والرؤية، تَظْهَرُ في *De Aspectibus* على شكل بَحْث في انتشار الضوء، مخصّص لِدَعْم نظرية قديمة في الرؤية، ولإصلاحها بالتأكيد؛ لكنها تبقى قديمة مهما قيل عَنها. قد تكون هذه الازدواجية بين «الحداثة»، إذا جاز التعبير، و«التقليد» هي التي تُعَبِّرُ، بأفضل شكل رمزي، عن علم مناظر الكندي. بذلك نستطيع أن نفهم، كيف يستمر الكندي بالظهور كأنه أحد القدامى، وذلك بخصوص المركَّب «رؤية ـ إضاءة»، فهو يُسَلِّم بشكل أساسي

على غرار أسلافه اليونانيين بعدم إمكانية تفكيك هذا المرَكَّب في القسم الأساسي منه؛ بينما هو يبدو كأنه أحد «العصريين» حالما يتعلق الأمر بالمضمون الفيزيائي وبدراسة انتشار الضوء. ولو أن أقليدس بُعِث حياً لما تَعَرَّف بالتأكيد على عمله في علم مناظر الكندي، لكنه، من دون شك، لما نفى تَحَدُّر هذا العلم من عمله. كما أن ابن الهيثم لم يكن ليرى فيه مشروعه الخاص، لكن دراسة انتشار الضوء بخاصة قد توحي له بتشابه بعيد مع مشروعه في علم المناظر. وهذا يعني أن علم مناظر الكندي هو هذا الحقل الفريد الذي يتكيف فيه التقليد، بالمعنى القوي للكلمة، مع الحداثة، في حين أن هذه الأخيرة لا تملك لا الدقة ولا القوة اللازمتين لكي تدير ظهرها للتقليد. لكن لِنَحتَرِس من أن نذهب بعيداً. إنّ علم المناظر الحديث فعلاً بالنسبة إلى ذلك العصر، أي عِلم مناظر ابن الهيثم، لم يعد له حاجة بالشعاع البصري ولا بالبث، ولا أيضاً بالتوفيق بين الانتشار والرؤية. لكن الكندي بالتحديد لم يجرؤ على التخلّص من هذه المفاهيم، فقد حافظ دائماً على ازدواجية المهمات، دون أن يفصل بينها جذرياً ودون أن يحاول توحيدها، وعلماً بأنّ هذا التوحيد مستحيل. إن بحث الكندي، مع كونه تجديداً لعلم المناظر، قد بقي على خطى القدماء. لكن هذا الوضع بلا شك هو الذي أضفى على الكندي هذه الشمولية التامة، بمعنى ذلك العصر، قبل مجيء ابن الهيثم.

الفصل الثالث

المرايا المحرقة وانعكاس الضوء والأبحاث الجديدة: الإرث الهلّينستي لأنتيميوس الترالّي

أولاً: الأشعة الشمسية

١ ـ مقدمة

إن كتابات الكندي في علم المناظر، كما ذكرنا، لا تنحصر في أعماله في هذا العلم وفق مفهوم القدماء، كما أنها لا تنحصر في انعكاس الضوء، بل تمتد إلى جميع الميادين الموروثة عن علم المناظر الهلّينستي. فالكندي يدرس المرايا المحرقة والألوان، وكذلك الظواهر البصرية المرتبطة بالتغيرات الجوية. غير أنه لم تتم الإشارة بشكل كافٍ إلى هذا الوضع الجديد في تاريخ علم المناظر؛ وهذا الوضع يتمثل في عالم واحد ينشطُ في جميع هذه الميادين في الوقت نفسه، وَيُوَحِّدُ، على الأقل من خلال ممارسته، حقولاً كانت متنافرة إلى ذلك الحين. وهكذا، فإن الكندي يُخصِّص كتاباً بأكمله **في الشعاعات الشمسية** لموضوع المرايا المحرقة.

وعلى غرار غالبية الأعمال البصرية للكندي يندرج هذا الكتاب، في الوقت نفسه، في إطار التواصل مع كتابات أسلافه اليونانيين والبيزنطيين وفي إطار التعارض معها. فهو يبين إذاً موقفاً اتخذه الكندي بعزم وأعلن عنه أكثر من مرة[١]. في هذا الكتاب يُريد الكندي بوضوح معالجة النواقص في دراسة أنتيميوس الترالّي والعمل على سَدِّها. أَفَلَم يعتبر هذا الأخير أن الأسطورة، التي تقول إن أرشميدس

---

(١) انظر على سبيل المثال تمهيدي كتاب *De Aspectibus* وكتاب **تقويم الخطأ**.

قد أحرق الأسطول الروماني عند هجومه على سرقوسة، حقيقة غير قابلة للنقاش، دون أن يثبت مع ذلك أن هذا الأمر ممكن؟ ألم يعمل على بناء مرآة ينعكس عليها أربعة وعشرون شعاعاً نحو نقطة واحدة، دون أن يحدد بدقة بُعد هذه النقطة عن المرآة(٢)؟ والكندي الذي يعتقد أيضاً بأسطورة أرشميدس، يأخذ على عاتقه تناول هذه المهمة مجدداً، وتقديم البراهين الضرورية، وتوسيع البحث ليشمل مرايا أخرى، وذلك في خمس عشرة قضية تتوزع على عدة مجموعات؛ ولا بد في البداية من التذكير بهذه المجموعات باختصار. فالمجموعة **الأولى** تتألف من القضايا الأربع الأولى التي تهدف إلى بناء مرآة محرقة لها شكل مخروطي. ولأجل هذا الهدف يدرس الكندي في القضايا الثلاث الأولى نظاماً مؤلفاً من مرآتين موضوعتين على وَجْهَيْ زوجِيٍّ السطح.

أما المجموعة **الثانية** فتتضمن القضايا السبع اللاحقة التي تعالِج موضوع بناء المرايا الكروية المقعرة. في هذه المرايا يكون المحور موجهاً دائماً نحو الشمس، ويتناول الكندي أشعة ساقطة على نقاط الدائرة التي تحد المرآة؛ ويبين أن هذه الأشعة بعد انعكاسها تقطع المحور في نقطة واحدة. ويميز بين عدة حالات تبعاً لنسبة القوس الذي يحدِّدُ المرآة إلى الدائرة الكبرى، للكرة، التي يوجد عليها القوس.

بعد هذه المجموعة من القضايا المخصصة لدراسة المرآة الكروية، يعود الكندي إلى مسألة أنتيميوس الترالي، أي إلى مسألة بناء نظام مؤلف من خمس وعشرين مرآة سداسية الشكل تسمح بعكس الأشعة الشمسية الساقطة في مركزها نحو نقطة واحدة.

وفي القضية الرابعة عشرة يُريد الكندي بناء مرآة تكون «أتقن مما عمل أنثاميوس سديداً». وهكذا، انطلاقاً من مضلع منتظم ذي أربعة وعشرين ضلعاً يبني هرماً منتظماً له أربعة وعشرون وجهاً، لكي تنعكس الأشعة الشمسية الساقطة في منتصف قواعد هذه الوجوه المُعْتَبَرة كمرايا نحو نقطة واحدة من محور الهرم.

---

(٢) انظر مقدمة كتاب الكندي، **في الشعاعات الشمسية** وكذلك نص أنتيميوس الترالي (**Περὶ παραδόξων μηχανημάτων**)، في: «Mathematici Graeci Minores,» in: Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, *Historisk-filologiske Meddelelser*, ed. by J. L. Heiberg, 36 vols. (Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1927), vol. 13, chap. 3, pp. 77 - 87.

أما القضية الأخيرة من كتاب الكندي فما هي، بعد سد ثغرات النص، إلا قضية أنتيميوس التي تهدف إلى بناء مرآة ذات قطر مُعَيَّن تستطيع عكس الأشعة نحو نقطة معينة. والطريقة التي يتبناها تتمثل في بناء المرآة بواسطة النقاط والخطوط المماسة لقطعٍ مكافىء بؤرته ودليله معروفان.

٢ ـ بناء المرايا المحرقة

لكي نُقدِّر بشكل أفضل اتساع وأهمية دراسة الكندي في موضوع المرايا المحرقة نعود ولو سريعاً إلى هذه المجموعات من القضايا. ونستطيع، منذ الآن، أن نسجل في هذا الصدد أن الكندي يدرس خمس مرايا محرقة، أي أكثر مما فعله أسلافه الهلينستيون[٣]، وإذا رجع الكندي إلى ترجمة كتاب أنتيميوس الترالي (وهي ترجمة حديثة على الأرجح في ذلك العصر)[٤]، فإنه يفعل ذلك للمضي سريعاً ولِتَخَطّي ما قام به أنتيميوس. وإذا لم يورد الكندي في كتابه الدراسة التي أنجزها أنتيميوس عن المرآة الإهليلجية الشكل[٥]، فذلك لأنه على ما يبدو لا يهتم إلا بالمرايا التي تستطيع أن تتوافق مع أسطورة أرشميدس، أي المرايا القادرة على الإحراق على مسافة معينة. أخيراً، سيأخذ خلفاء الكندي العرب، ابتداءً بابن عيسى[٦] وعطارد[٧]، بعض النتائج التي توصل إليها وسيواصلون بنشاط كبير دراسة انتشار الأشعة الضوئية وتقاربها بعد الانعكاس. وهذه الدراسة تركت أثراً عميقاً في تطور مجمل علم المناظر، كما

(٣) يكتب الكندي في مؤلَّف **في الشعاعات الشمسية** حول نموذج المرآة الذي يقترحه: «لأن هذه المسطرة أسهل إتقاناً من غيرها مما عملنا أو عمل أحد من قدماء اليونانيين ممن انتهى إلينا خبر عمله». وصيغة الجمع في العبارة «أحد من قدماء اليونانيين» تسمح بالافتراض أن الكندي قد عرف كتابات أخرى حول المرايا المحرقة مترجمة إلى العربية. مع ذلك لا شيء يسمح لنا أن نؤكد أنه تعرف على أعمال ديوكليس (Dioclès) ودترومس (Dtrūms) المترجمة إلى العربية والتي تتناول موضوع المرايا المحرقة. انظر لاحقاً ص ١٧٠ ـ ١٧١ من هذا الكتاب.

(٤) حول ترجمة نص أنتيميوس الترالي، انظر: *Les Catoptriciens grecs,* textes établis, trad. et commentés par Roshdi Rashed, collection des universités de France. Série grecque; 400 (Paris: Belles lettres, 2000), vol. 1: *Les Miroirs ardents.*.

(٥) انظر: «Mathematici Graeci Minores,» pp. 85-87, and George Leonard Huxley, *Anthemius of Tralles: A Study of Later Greek Geometry,* Greek, Roman and Byzantine Monographs; no. 1 (Cambridge, MA: [n. pb.], 1959), pp. 17-20.

(٦) حول ابن عيسى، انظر الملحق رقم (٣) الذي يتضمن اقتباس نص أنتيميوس، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

(٧) انظر: *Les Catoptriciens grecs.*

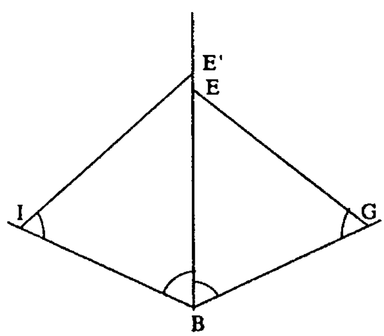
سنلاحظ ذلك عند ابن سهل أولاً وعند ابن الهيثم بعد ذلك. لكن، لنعد الآن، وقبل أي تعليق آخر، إلى مختلف القضايا التي تناولها الكندي.

أ ـ المرآة المخروطية

القضية ١ ـ لتكن ABC زاوية مسطحة ورأسها B لِزَوْجِيٍّ سطح، وBD مُنَصِّفُها الذي يُفترض متجهاً نحو الشمس[٨]. إذا أخذنا نقطتين G وI، الأولى منهما على الخط المستقيم BA والثانية على BC بحيث يكون BG = BI، عند ذاك ينعكس الشعاعان الساقطان في G وI على الجانبين ويلتقيان على BD في النقطة نفسها E التي تشكل مركز دائرة تمر بالنقاط G وB وI.

لنلاحظ أن الكندي يريد أن يثبت أن الشعاعين المنعكسين في I وG يقطعان BD في نقطة واحدة هي E. لذلك يفترض هذا الأمر في برهانه عندما يقول إن خط EB «مشترك». ويثبت أن EBG هو مثلث متساوي الساقين. لنفترض الآن أن الشعاع المنعكس في I يقطع BD في E′. بالطريقة نفسها يكون E′BI مثلثاً متساوي الساقين. ويملك كل من هذين المثلثين قاعدة مساوية لقاعدة الآخر (IB = BG) وزاويتين عند القاعدة مساويتين لزاويتي الآخر، لذلك يكون المثلثان متساويين. نستنتج أن (EB = E′B) وأن النقطة E′ تكون مندمجة مع النقطة E. وهكذا يكون برهان الكندي صحيحاً.

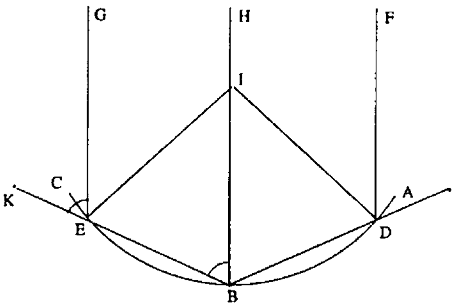
الشكل رقم (٣ ـ ١)



(٨) انظر الشكل ص ٣٤٣، من هذا الكتاب.

لنلاحظ أيضاً أن ابن عيسى[٩] الذي أتى بعد الكندي، يأخذ المسألة نفسها بشكل مختلف قليلاً. فهو ينطلق من قوس دائرة ذات مركز معطى I، ويحدّد زَوجِيَّ سطحٍ بواسطة زاويته المسطحة EBD بحيث يكون الخطان EB وBD وتَرين متساويين؛ والنقطة I تكون إذن على منصف الزاوية EBD. عندئذ ينعكس الشعاعان GE وFD الموازيان للخط BI ليمرا في النقطة I.

الشكل رقم (٣ ـ ٢)



القضية ٢ ـ لنرسم زاوية مسطحة لزوجِيِّ سطحٍ بحيث إن شعاعاً موازياً لمنصِّف الزاوية ساقطاً على مسافة معينة c من الرأس ينعكس على أحد جانبي زوجِيِّ السطح ويمر في نقطة من النصف على مسافة معينة d من الرأس.

تسمح القضية السابقة أن نرسم مباشرة الزاوية المطلوبة بواسطة دائرة شعاعها d، وعلى هذه الدائرة نضع وترين طول كل منهما c ولهما طرف مشترك. لكن المسافة d قد تكون كبيرة جداً. ولكي يرسم الكندي في هذه الحالة الزاوية المطلوبة مستخدماً القضية السابقة، يأخذ طولين 'd و'c بحيث يكون $K = \frac{d}{c} = \frac{d'}{c'}$، ويرسم دائرة شعاعها ـ ≠⇓⇓ـ ∑∇∑ ∑±ـ ـ ⇓ـ 'd 'c ∑≠ـ≠≠ ولهما طرف مشترك.

لنلاحظ، إذا كان قياس زاوية زوجِيِّ السطح هو 2α، أن لدينا $\sin\alpha = \frac{c}{2d}$، و لكن الكندي لا يقدم لهذه المسألة سوى البناء الهندسي.

---

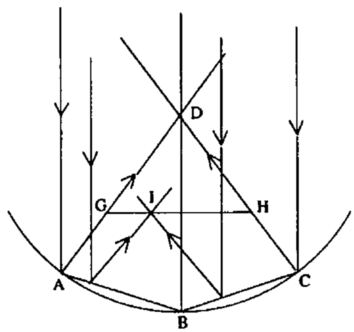
(٩) أحمد بن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر** (Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934), fol. 29r -30r.

انظر أيضاً الملحق رقم (٣)، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

القضية ٣ ـ إذا كانت ABC زاوية مسطحة لزوجِيّ سطح؛ وإذا كان المنصف BD للزاوية ABC متجهاً نحو الشمس[١٠]، فإنه بإمكاننا تحديد مُعَيَّن ذي خطين قطريين BD وGH بحيث إن الأشعة المنعكسة الموافقة للأشعة الشمسية الساقطة على BA من جهة وعلى BC من جهة أخرى تتقاطع ثنائياً داخل المعيّن.

ذلك أن لكل نقطة I من القطعة المستقيمة GH، يوجد شعاعان شمسيان أحدهما يسقط على AB والآخر على BC، بحيث يتقاطع الشعاعان المنعكسان في النقطة I.

الشكل رقم (٣ ـ ٣)



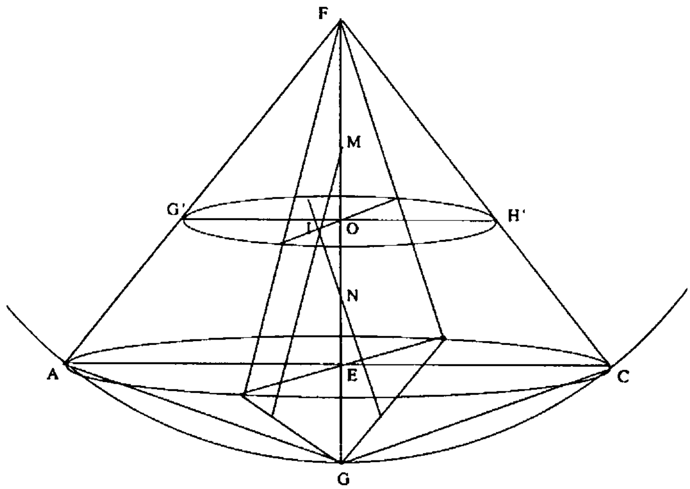
القضية ٤ ـ يبين الكندي باستخدام الدراسة المنجزة في القضايا السابقة كيفية بناء مرآة محرقة ذات شكل مخروطي.

يأخذ كنموذج الشكل AGCF حيث يكون GF هو محور التناظر ويكون كذلك FA = FG = FC. بواسطة دورانه حول GF، يُحدث الخط GA سطح دورانٍ مخروطياً، وترسم النقطة A دائرة قطرها AC. إن الأشعة الشمسية التي نفترضها موازية للخط GF والتي تسقط على نقاط هذه الدائرة تنعكس جميعها لِتَمُرَّ في النقطة F. واستناداً إلى القضية ٣، فإنه في كل نقطة I من الدائرة ذات القطر G′H′، وهي الدائرة الموجودة في المستوي المنصّف للخط FG، يتقاطع شعاعان منعكسان موافقان لشعاعين شمسيين ساقطين على خطين مولِّدين من السطح المخروطي، وهذان الخطان المولدان متناظران بالنسبة إلى المحور FG.

---

(١٠) انظر لاحقاً الشكل ص ٣٤٦ من هذا الكتاب.

الشكل رقم (٣ ـ ٤)



لتكن النقطة O مُنْتَصَف GF، والشعاعان المنعكسان المتقاطعان في I يلتقي أحدهما المحور GF في النقطة M والآخر في النقطة N وذلك على جانبي O.

إذا كانت النقطة I قريبة من O، فإن النقطتين M و N تكونان أيضاً قريبتين من O، وبذلك يحصل تركيز قوي للأشعة المنعكسة بالقرب من O، وهذا يتوافق مع جملة الكندي: «فنصف البعد أشد مواضع الشعاعات المنعكسة عن المرآة حراً، فهو أشدها إحراقاً».

ويريد الكندي أيضاً أن يثبت أنه بإمكاننا حساب المسافة من النقطة F إلى المركز G للدائرة تبعاً لمقدار الشعاع R للدائرة التي مركزها E والتي تحد المرآة وتبعاً لمقدار العمود $P=EG$. من الواضح أن برهانه يحتوي على خطأ عائد بلا شك إلى خلط بين نقطتين، لكننا نستطيع حساب المسافة GF إذا أخذنا مثلثين متشابهين[١١]؛ فيكون لدينا

$$GF = \frac{R^2+P^2}{2P}$$

(١١) انظر الملاحظة الإضافية للقضية رقم (٤)، ص ٣٧١ من هذا الكتاب.

ويعطي الكندي النتيجتين التاليتين:

$$GF = \frac{R^2+P^2}{ab} \quad \text{و} \quad EF = \frac{R^2}{P}$$

ملاحظة: يجب مقارنة احتساب GF مع احتساب زاوية زوجِيّ السطح في القضية ٢.

إذا وضعنا $GC=c$ و$GF=d$ و$\widehat{AGC}=2\alpha$ يكون لدينا $GF = d = \frac{c}{2\sin\alpha}$.

غير أن $\sin\alpha = \frac{p}{c}$، فينتج من ذلك $d = \frac{c^2}{2p} = \frac{R^2+P^2}{2p}$.

والقضية هذه تختم المجموعة الأولى. أما المجموعة الثانية فتتضمن القضايا من الخامسة وصولاً إلى الحادية عشرة.

ب ـ المرآة الكروية المقعرة

القضية ٥ ـ يقدم الكندي هنا بناء بسيطاً لشعاع منعكس موافق لشعاع ساقط على مرآة مقعرة، وذلك بأن يظهر أن الوترين اللذين يحددهما هذان الشعاعان على الكرة المكملة للمرآة هما متساويان.

كان باستطاعة الكندي أن يستنتج مباشرة أن القطر الخارج من نقطة السقوط هو منصِّف زاوية هذين الشعاعين، وستظهر هذه الفكرة لاحقاً في القضية ٧.

القضية ٦ ـ عندما يكون محور المرآة المقعرة موجهاً نحو الشمس، يبين الكندي:

(أ) أن الشعاع الشمسي الوحيد الذي ينعكس على نفسه هو ذلك الشعاع الذي يسقط على المرآة وفق هذا المحور. وكل شعاع شمسي آخر يقابله شعاع منعكس يلتقي بالمحور.

(ب) إذا كان شعاعان شمسيان ساقطان على المرآة متناظرين بالنسبة إلى محور المرآة، فإن الشعاعين المنعكسين الموافقين يلتقيان عند هذا المحور.

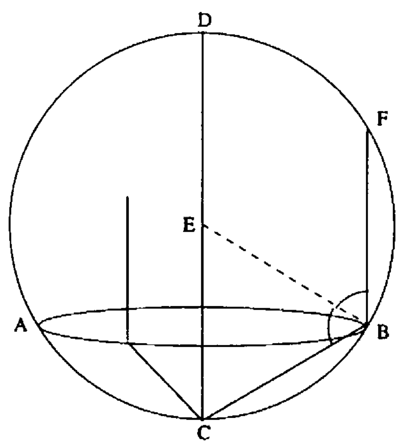
ويستنتج الكندي من ذلك أن جميع الأشعة الساقطة الموازية لمحور دائرة، والتي تقع على هذه الدائرة، تنعكس جميعها نحو نقطة واحدة من المحور.

القضية ٧ ـ يود الكندي في هذه القضية تحديد نقطة التقاء شعاع منعكس مع محور المرآة. لكنه في الواقع لا يضيف شيئاً إلى ما قيل في القضية السابقة. وهذا التحديد يرد مجدداً في القضيتين ١٠ و١١.

فالكندي لا يقدّم في القضية ٧ أي شيء جديد. والبناء المبيّن هو ذلك البناء الذي ينتج من القانون الذي تم عرضُهُ عدة مرات والذي مفاده أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يشكلان زاويتين متساويتين مع السطح العاكس، وهذا القانون قد استخدم في حالة المرايا الكروية في القضيتين ٥ و٦. لنلاحظ مع ذلك أن برهان الكندي يوضح تساوي الزاويتين المشكلتين من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس مع الناظم على السطح العاكس، وهذا البرهان هو شكل آخر للقانون السابق.

القضية ٨ ـ إذا كان محور مرآة مقعرة موجهاً نحو الشمس وإذا كان القوس، ذو المنتَصَف c، الذي يُحدِّدُ المرآة، يشكل ثلث الدائرة الكبرى من الكرة التي تكمل المرآة، فإن أي شعاع شمسي ساقط على محيط المرآة ينعكس ليمر في النقطة C، وبذلك يكون الإحراق في C.

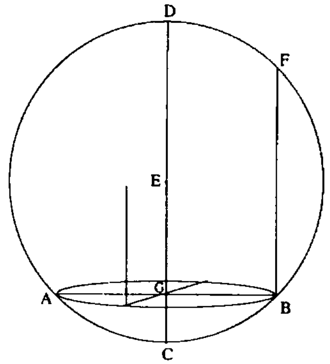
الشكل رقم (٣ ـ ٥)



لنلاحظ أن ابن عيسى قد أخذ هذه القضية مجدَّداً في مؤلفه المقتبس[١٢].

القضية ٩ ـ إذا كان محور مرآة مقعرة موجهاً نحو الشمس وإذا كان القوس الذي يحددها يشكل ربع الدائرة الكبرى من الكرة التي تكمل المرآة، فإن أي شعاع شمسي ساقط على الدائرة التي تحد هذه المرآة ينعكس ليمر في مركز هذه الدائرة، وبذلك يكون الإحراق في C.

الشكل رقم (٣ ـ ٦)



القضية ١٠ ـ يأخذ الكندي مرآة مقعرة محددة بالقوس ACB ومحورها CD موجه نحو الشمس. ويثبت النتائج التالية:

(أ) إذا أخذنا أي زوجين من الأشعة الشمسية مثل AG وBF متناظرين بالنسبة إلى محور المرآة ويلتقيان بالدائرة الكبرى الموجودة على مستويهما في النقطتين G وF، فإن «الأطراف المتناوبة»، أي النقاط A وF من جهة وB وG من جهة أخرى تكون متقابلة قطرياً[١٣].

(ب) إن القوس المحَدَّد على الدائرة الكبرى بالشعاع الشمسي والشعاع المنعكس الساقط على طرف المرآة يساوي ضعفي القوس AB الذي يحدد المرآة:

$$\widehat{FDH} = 2\widehat{BCA}$$

(١٢) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

(١٣) انظر لاحقاً الشكل ص ٣٥٧ من هذا الكتاب.

وبالعكس، نلاحظ أنه إذا كان FB شعاعاً ساقطاً عمودياً على مستوي الدائرة ذات القطر AB والتي تحد المرآة، وإذا كان $\widehat{FDH} = 2\widehat{BCA}$، فإن BH يكون الشعاع المنعكس.

ويبدو أن الكندي قد افترض ضمنياً أن النتائج صحيحة بغض النظر عن حجم المرآة. نلاحظ أنه:

إذا كان $\widehat{BCA}$ يساوي ربع محيط الدائرة، فإن النقطة H تندمج مع A (القضية ٨)؛

إذا كان $\widehat{BCA}$ أصغر من ربع محيط الدائرة، يكون لدينا $H \in \widehat{AG}$[١٤]؛

إذا كان $\widehat{BCA}$ أكبر من ربع محيط الدائرة، يكون لدينا $H \in \widehat{BA}$[١٥]؛

إن البرهانين المباشر والعكسي ينتجان مباشرة. ويبدو أنه في النص المخصص للقضية المباشرة يوجد مزيج من البرهانين.

(ج) إذا كان القوس $\widehat{ACB}$ معلوماً، فإن القوس $\widehat{FB}$ معلوم وكذلك القوس $\widehat{HA}$. في الواقع $\widehat{ACB}=\alpha$ وهذا ما يستتبع $\widehat{FB} = \pi - \alpha$، و $\widehat{HA} = \pi - 2\alpha$.

يفترض الكندي أن القوس $\widehat{ACB}$ معلوم ويستنتج أن $\widehat{BF}$ معلوم أيضاً، و«زيادة» قوس $\widehat{FB}$ على قوس $\widehat{ACB}$ معلومة. والكلمة «زيادة» تسمح بالافتراض أن $\widehat{FB} > \widehat{ACB}$ ؛ والحال أنه:

إذا كان $\widehat{BCA}$ يساوي ربع محيط الدائرة، يكون لدينا $\widehat{FB} = \widehat{ACB}$ و$\widehat{HA} = 0$؛

إذا كان $\widehat{BCA}$ أقل من ربع محيط الدائرة، يكون لدينا $\widehat{FB} > \widehat{ACB}$، $\widehat{HA} = \widehat{AB} - \widehat{ACB}$؛

إذا كان $\widehat{BCA}$ أكبر من ربع محيط الدائرة، يكون لدينا $\widehat{FB} < \widehat{ACB}$ $\widehat{HA} = \widehat{ACB} - \widehat{FB}$.

---

(١٤) انظر الشكل ص ٣٥٨ من هذا الكتاب.

(١٥) انظر الشكل ص ٣٥٧ من هذا الكتاب.

(د) يعود الكندي إلى تحديد نقطة التقاء الشعاع المنعكس مع محور المرآة. وبعد أن يصبح تحديد هذه النقطة معروفاً، يدرس الكندي المسافة من هذه النقطة إلى مركز الدائرة التي تحد المرآة. ويقوم بحساب المسافة في الحالة التي يكون فيها $\overset{\frown}{ACB}$ أقل من ربع محيط الدائرة.

عند ذاك تكون النقطة M بين L و E[١٦] ويكون: $\frac{BL}{LM} = \frac{HJ}{BJ} = \frac{AB+HK}{BJ}$، وينتج من ذلك:

$$LM = \frac{BJ \times BL}{AB+HK} = BL \times \frac{BJ}{HJ}. \qquad (١)$$

ملاحظة: إذا أردنا أن ندرك فائدة هذا الحساب، نفترض:

$$\overset{\frown}{BCA} = \alpha \qquad (\alpha < \tfrac{\pi}{2}).$$

$$LM = BL\,tg\,\widehat{MBL}. \qquad (٢)$$

$$\overset{\frown}{BF} = \overset{\frown}{BH} = \pi\text{-}\alpha.$$

مما يؤدي إلى:

$$\overset{\frown}{AH} = \pi\text{-}2\alpha، \qquad MBL = \tfrac{\pi}{2} - \alpha.$$

إذا كان شعاع الكرة هو R، يكون لدينا:

$$BL = R\sin\tfrac{\alpha}{2}،$$

وينتج من ذلك:

$$LM = R\sin\tfrac{\alpha}{2}\cot g\alpha = \frac{\frac{R}{2}\cos\alpha}{\cos\frac{\alpha}{2}}،$$

والآن،

إذا كان $\alpha = \frac{\pi}{2}$، يكون لدينا $LM = 0$ (القضية ٩).

---

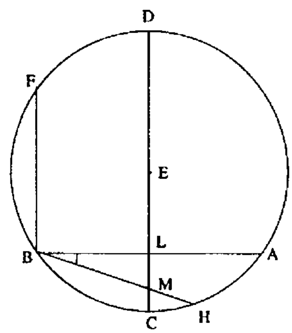
(١٦) انظر الشكل ص ٣٥٨ من هذا الكتاب.

إذا كانا $-\frac{2\pi}{3} < \alpha < \frac{\pi}{3}$، تكون النقطة M بين L و C، ويكون لدينا:

$$.\widehat{MBL} = \alpha - \frac{\pi}{2}$$

$$.LM = -R\sin\frac{\alpha}{2}\cot g\alpha = \frac{R}{2}\times\frac{|\cos\alpha|}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

الشكل رقم (٣ ـ ٧)



إذا كان $\alpha = \frac{2\pi}{3}$، تكون النقطة M في C والنقطة L في منتصف EC،

$LM = \frac{R}{2}$، (القضية ٨)

إذا كان $\alpha > \frac{2\pi}{3}$، تكون النقطة H على $\overset{\frown}{BC}$ ويحصل انعكاس ثان على المرآة، كما سنرى ذلك في القضية اللاحقة.

وهكذا يجري كل شيء وكأن الكندي كان يعرف على سبيل المثال العلاقة التالية:

$$LM = \pm R\sin\frac{\alpha}{2}\cot g\alpha \text{،}$$

والعلاقات بين الأقواس والقطعات المستقيمة تسمح بالافتراض أنه كان يعرف بعض العلاقات المثلثاتية.

القضية ١١ ـ لنأخذ مرآة مقعرة محددة بالقوس ACB، محورها CD موجه نحو الشمس[١٧]:

---

(١٧) انظر الشكلين ص ٣٥٩ ـ ٣٦٠ من هذا الكتاب.

(أ) يبين الكندي أنه إذا كان لدينا:

$$\frac{3\pi}{3} < \overset{\frown}{AB} < \pi،$$

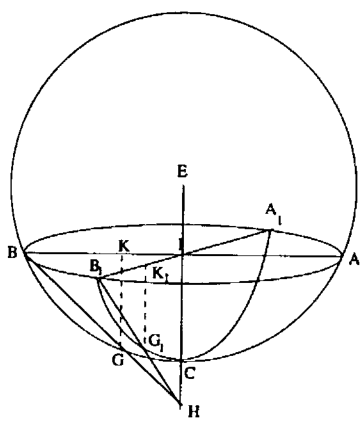
فإن كل شعاع شمسي ساقط في نقطة من محيط هذه المرآة ينعكس نحو نقطة من المحور تقع وراء الرأس C، والمرآة تكون بين هذه النقطة والشمس.

(ب) يدرس الكندي المسافة بين هذه النقطة ومركز الدائرة التي تحد المرآة. ويقوم بحساب HI بالطريقة نفسها التي استخدمها في حساب LM في الفقرة الأخيرة (د) من القضية السابقة. وتكون النسبة $\frac{GK}{BK} = \frac{IH}{BH}$، معلومة إذا عرفنا $\overset{\frown}{AB} = \alpha$.

ملاحظات:

(١) يوسع الكندي في هذه القضية النتائج التي حصل عليها في القضية ١٠.د، عندما تكون في حالة $\frac{2\pi}{3} =< \alpha < 0$ إلى الحالة التي يكون فيها $\frac{2\pi}{3} < \alpha < \pi$

الشكل رقم (٣ ـ ٨)



تكون النسبة $\frac{HI}{BI}$ معلومة إذا عرفنا $\alpha = \overset{\frown}{AB}[\frac{2\pi}{3} < \alpha < \pi]$؛ فلدينا:

$$\frac{HI}{BI} = \frac{GK}{BK}،$$

وكذلك:

$$BI = R\sin\frac{\alpha}{2}،$$

لكِنْ معنا:

$$\overset{\frown}{BF} = \overset{\frown}{BG} = \pi - \alpha،$$

فينتج من ذلك:

$$\overset{\frown}{GA} = 2\alpha-\pi ، \qquad \overset{\frown}{KBG} = \alpha - \frac{\pi}{2}$$

ونحصل على:

$$HI = -R\sin\frac{\alpha}{2} = \text{cotg}\alpha = \frac{R}{2}\frac{|\cos\alpha|}{\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

(٢) يريد الكندي في هذا البناء تعميم النتيجة المثبتة بالنسبة إلى الشعاع المنعكس في النقطة B؛

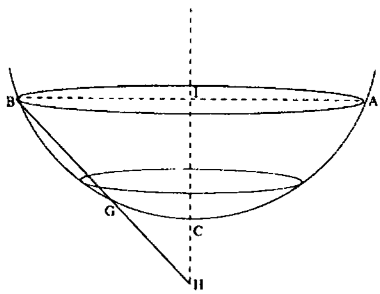
$$\frac{IH}{BI} = \frac{KG}{BK}$$ (هذه العلاقة تحدد IH).

بالنسبة إلى أي نقطة B_1 من الدائرة التي تحد المرآة، يكون لدينا:

$$BI = B_1I ، KG = K_1G_1 ، BK = B_1K_1$$

وتكون النقطة H في المكان نفسه. أما الأشعة المنعكسة في جميع نقاط الدائرة التي تحد المرآة فستمرّ بالنقطة نفسها H، وذلك إذا أحدثنا فتحة كافية بإزالة قبة من المرآة الكروية.

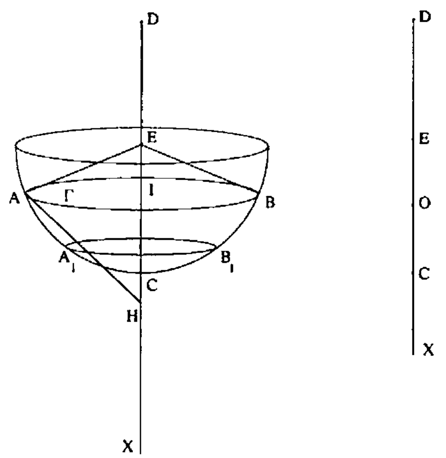
الشكل رقم (٣ ـ ٩)



لقد أنجز الكندي دراسة مستفيضة بالنسبة إلى عصره، عن المرآة الكروية المقعرة في القضايا السبع الأخيرة. وفي هذه الدراسة يَعْتَبِرُ الكندي بشكل دائم محورَ المرآة موجهاً نحو الشمس؛ ويأخذ أشعة ساقطة على نقاط الدائرة التي تحد المرايا ويبين أن هذه الأشعة تلتقي، بعد انعكاسها، بالمحور في نقطة واحدة هي H. ويميّز عندئذ عدة حالات تبعاً لنسبة القوس AB (الذي يحدد المرآة)، إلى الدائرة الكبرى للكرة، وهذا يرجع إلى تناول مرآة كروية مقعرة، محورها CD، ولها شكل نصف دائرة، كما يرجع إلى تناول دوائر على هذه المرآة محورها CD.

لِتَكن Γ إحدى هذه الدوائر ومركزها I، ولتكن النقطة E مركز الكرة وR شعاعها، وO منتصف EC. نستطيع أن نلخص النتائج الصادر عن دراسة الكندي على الشكل التالي:

الشكل رقم (٣ ـ ١٠)



(١) الشعاع الشمسي الساقط في نقطة A من الدائرة Γ ينعكس نحو نقطة H من المحور CD.

(٢) تبقى النقطة H ثابتة عندما ترسم النقطة A الدائرة Γ.

(٣) تتعلق النقطة H بالقوس AB التابع لهذه الدائرة Γ، وبالتالي تتعلق بالزاوية $AEB = \alpha$.

(٤) النقطة H ترسم OC عندما تكون $\alpha \epsilon [0, \frac{2}{3}]$.

(٥) عندما تكون $\alpha \in [\frac{2\pi}{3}, \pi]$، فإن النقطة H التي يتوجه نحوها الشعاع المنعكس تكون على نصف المستقيم CX.

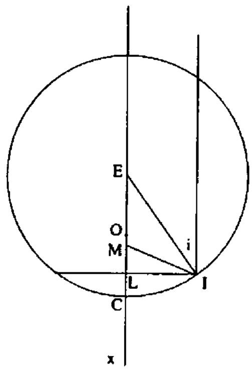
(٦) تكون المسافة بين النقطة H ومركز الدائرة Γ معلومة إذا كان القوس AB معلوماً. وقد أثبتنا أن $IH = R\sin\frac{\alpha}{2}, |\cotg\alpha|$.

يتوصل الكندي إذن إلى النتيجة التالية: بالنسبة إلى مرآة يحدها قوس AB بحيث يكون $\overset{\frown}{AB} = \frac{2\pi}{3}$، فإن جميع الأشعة الشمسية الساقطة على هذه المرآة تَتَركَّز بعد انعكاسها على القطعة المستقيمة OC.

أما الأشعة الواقعة بالقرب من C فإنها تنعكس لتمر بالقرب من O. إذا كان $\pi > \overset{\frown}{AB} > \frac{2\pi}{3}$، وإذا أردنا للأشعة المنعكسة أن تلتقي فعلاً بالمحور، فإنه ينبغي إزالة قبة مركزها C، وإلا فإن الشعاع في هذه الحالة وبعد انعكاسين أو أكثر يلتقي بالمحور بين O وC.

لنلاحظ أخيراً أن الكندي يقوم بحساب المسافة المسماة LM في القضية ١٠، والمسماة HI في القضية ١١. لكن يبقى أن النقطة L في القضية ١٠ والنقطة I في القضية ١١ تتغيران تبعاً لزاوية السقوط i للشعاع الشمسي. في حين أن مركز الكرة هو نقطة ثابتة. ولقد كان من الأسهل تحديد موقع M في القضية ١٠، أو H في القضية ١١، بواسطة بعدهما عن هذا المركز. لنأخذ حالة القضية ١٠، نرى على الشكل أن المثلث EIM متساوي الساقين.

الشكل رقم (٣ ـ ١١)



لذلك

$$EM = \frac{R}{2\cos i} = \frac{R}{2\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

وبما أن الكندي يغير قيمة الزاوية α من صفر إلى π، فإنه يكون لدينا البيان التالي:

α	0	$\frac{2\pi}{3}$	π
$\frac{\alpha}{2}$	0	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\cos\frac{\alpha}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0
$\frac{R}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$	$\frac{R}{2}$	R	$+\infty$

وهكذا ترسم النقطة M نصف المستقيم Ox، والنقطة O هي منتصف EC، وفي الحالة التي تكون فيها $\frac{2\pi}{3} < \alpha < \pi$، فإن النقطة M تكون خارج الكرة. وبالتالي نحصل على:

$$LM = |EM - EL| = \left|\frac{R}{2\cos\frac{\alpha}{2}} - R\cos\frac{\alpha}{2}\right| = \frac{R}{2}\cdot\frac{|1-2\cos^2\frac{\alpha}{2}|}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{R}{2}\cdot\frac{|\cos\alpha|}{\cos\frac{\alpha}{2}}.$$

ج ـ نظام المرايا السداسية

القضية ١٢ ـ يعود الكندي إلى مسألة أنتيميوس ويبني نظاماً من خمس وعشرين مرآة سداسية الشكل تسمح بعكس الأشعة الشمسية الساقطة في مراكز المرايا نحو نقطة واحدة.

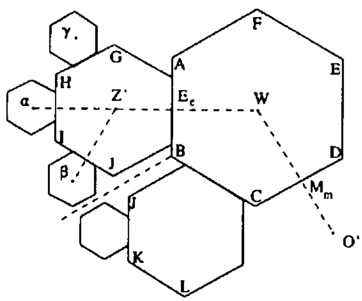
إذا كانت الأشعة الشمسية موازية لمحور المرآة المركزية، فإننا نبيِّنُ أن المسألة بسيطة بالنسبة إلى ثلاث عشرة مرآة وهي تؤدي إلى نقطة R تقع عليها الأشعة المنعكسة على هذه المرايا، غير أنه، وبالنسبة إلى المرايا الأخرى وعددها ١٢، فإننا نواجه الصعوبة نفسها التي لقيها أنتيميوس والتي أشرنا إليها[١٨]. وذلك أن الأشعة الساقطة على هذه المرايا تنعكس نحو نقطة مختلفة عن النقطة التي نحصل عليها للمرايا الأولى الثلاث عشرة، وهذه النقطة تقع على محور النظام وهي قريبة من النقطة R.

(١٨) انظر: *Les Catoptriciens grecs.*

ملاحظات: إن برهان الكندي صحيح بالنسبة إلى المرايا الست المحيطة بالمرآة المركزية، غير أنه أكد بدوره دون برهان، أنه ينطبق على المرايا الأخرى، وهذا ليس صحيحاً تماماً.

فالمرايا السداسية الست المحيطة بالمرآة ABCDEF هي أصغر قليلاً من هذه الأخيرة، وذلك لكي نستطيع إعطاءها ميلاً بالنسبة إلى مستوي ABCDEF. وبالتالي يكون لدينا $WE_e > Z'E_e = O'M_m$، وهذا الأمر لا يتعارض في شيء مع البرهان الذي يرتكز على $WE_e = WM_m$ و $Z'E_e = O'M_m$.

الشكل رقم (٣ ـ ١٢)

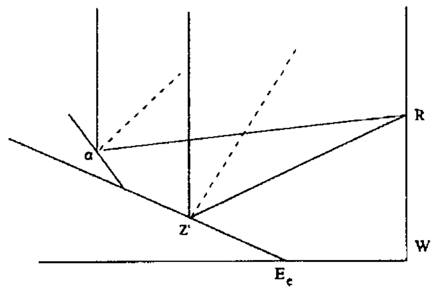


والمرايا السداسية الثماني عشرة التي تحيط بالمرايا السداسية الست السابقة، يجب أن تكون أصغر كثيراً من المرآة المركزية لكي يكون بالإمكان ربطها حول المفاصل.

يدرس الكندي انعكاس الأشعة الساقطة في مراكز المرايا السبع الأولى ويبين أنه إذا كانت المرايا الست التي تحيط بالمرآة الأولى تميل بالقدر نفسه بالنسبة إلى هذه المرآة، فإن الأشعة المنعكسة تمر في نقطة واحدة R من محور المرآة الأولى.

ومن بين المرايا الثماني عشرة الباقية، ينبغي أولاً تناول تلك المرايا التي يكون محورها في المستوي المنَصِّف لأحد أضلاع السداسي المركزي، مثل المرآة المركبة على HI (في الواقع يملك IH و AB المستوي المنصف نفسه). وبالنسبة إلى هذه المرآة، وكما يُظهر الشكل رقم (٣ ـ ١٣)، فإننا نستطيع أن نختار الميل بحيث ينعكس الشعاع الشمسي الساقط في مركز المرآة نحو النقطة R. وهذه المرايا عددها ست.

الشكل رقم (٣ ـ ١٣)



إلا أن المسألة مختلفة في حالة مرآة مشابهة لتلك المرآة المركَّبة على IJ. لتكن النقطة β مركز هذه المرآة. إنّ محورها يقع في المستوي المنصف لـِ IJ؛ لذلك فهو يلتقي محور السداسي Z'، وكما أشرنا في الشروحات حول أنظمة المرايا السداسية عند أنتيميوس، فإنه من الممكن اختيار ميل هذه المرآة لكي يلتقي محورها مع محور المرآة المركزية، وفي هذه الحالة فإن الشعاع المنعكس في النقطة β يلتقي أيضاً مع هذا المحور الأخير لكن في نقطة R' التي هي بشكل عام مختلفة عن R.

د ـ المرآة الهرمية أو المخروطية

إن دراسة المرآة الهرمية أو المخروطية في كتاب الكندي تبدأ في القضية ١٣ التي هي ببساطة قضية تمهيدية للقضية اللاحقة.

القضية ١٣ ـ لنأخذ ثلاثة متوازيات AB و CD و EF متساوية البعد في ما بينها[١٩] وعمودية على الخط المستقيم نفسه FDB. من الواضح أن المستقيم CD، المنصف لـِ FB، هو محور التناظر للشكل. بالتالي، إذا أخذنا أي نقطة G من هذا المحور، فإن مُنَصِّف الزاوية FGB هو هذا المحور نفسه.

في القضية ١٤ يريد الكندي بناء مرآة «أتقن مما عمل أنثاميوس سديداً». لكن نص هذه القضية لسوء الحظ مبتور في نهايته، مما يطرح مسألة سنواجهها باستمرار.

(١٩) انظر الشكل ص ٣٦٥ من هذا الكتاب.

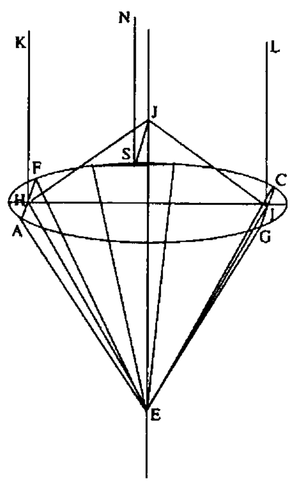
انطلاقاً من مضلع منتظم له أربعة وعشرين ضلعاً يبني الكندي هرماً منتظماً له أربعة وعشرون وجهاً، بحيث إن الأشعة الشمسية الساقطة في منتصف كل قاعدة من قواعد هذه الأوجه المأخوذة كمرايا تنعكس نحو نقطة واحدة J من محور الهرم. ويحدد هذه النقطة J عندما يتناول وجهين متناظرين بالنسبة إلى المحور، لكنه لا يبين أن النقطة J تبقى هي نفسها إذا أخذنا أي وجه[٢٠].

لنلاحظ بلا تأخير، أن النتيجة فورية إذا أخذنا بعين الاعتبار مستويات التناظر للهرم المنتظم.

ملاحظات:

(١) بيّن الكندي أن الشعاعين KH و LI المنعكسين على التوالي في H و I على السطحين AEF و GEC من المرآة يلتقيان في J على محور المرآة. والخطوط المستقيمة KH و LI و EJ تكون في سطح واحد كما هو الأمر في القضية ١٣.

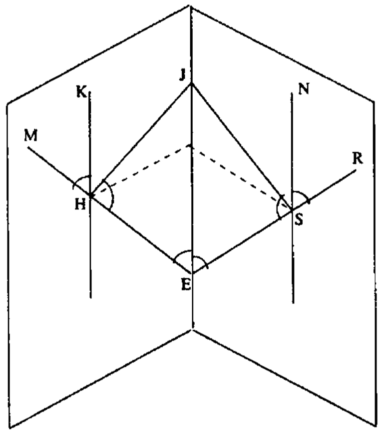
الشكل رقم (٣ ـ ١٤)



(٢٠) انظر الشكل ص ٣٦٦ من هذا الكتاب.

(٢) غير أن البرهان ليس كاملاً. ولإتمامه لا بد من أن نبين أنه إذا كانت النقطة S هي منتصف قاعدة وجه ما من المرآة، فإن الشعاع NS ينعكس على هذا السطح من S نحو J. والشروط هنا تختلف عن شروط القضية التمهيدية ١٣، إلا أننا نستطيع الاستدلال بطريقة مشابهة للطريقة التي اعتمدها الكندي.

(الشكل رقم (٣ ـ ١٥)



فلنأخذ النقطة R على استقامة ES. الشعاع NS موازٍ لـِ EJ، لذلك تكون الزاوية NSR مساوية للزاوية JES التي هي مساوية لـِ JEH. من جهة أخرى، القطعة المستقيمة EH مساوية للقطعة ES، والقطعة المستقيمة EJ مشتركة بين المثلثين EJH و EJS؛ لذلك هذان المثلثان متساويان، وزواياهما المتشاكلة هي متساوية، والزاوية JSE مساوية لـِ JHE التي هي مساوية لـِ JEH. وبالتالي تكون الزاويتان NSR و JSE متساويتين لأنهما مساويتان للزاوية JEH، لذلك ينعكس الشعاع NS في النقطة S وفق الخط المستقيم SJ.

وهكذا، فإن الأشعة الشمسية الأربعة والعشرين، التي ينعكس كل واحد منها في منتصف كل ضلع من ضلوع المضلع المنتظم التي تحد أوجه المرآة، تمر جميعها في نقطة واحدة من محور هذه المرآة.

(٣) في هذه القضية الرابعة عشرة يتناول الكندي المسألة الأخيرة عند

أنتيميوس[٢١]، أي مسألة بناء مرآة انطلاقاً من حوض ومن أربعة وعشرين قوساً متساوياً مأخوذاً على محيط هذا الحوض.

في هذه المسألة يصف أنتيميوس المرآة ويبين بشكل إجمالي كيف تنعكس الأشعة على أوجه هذه المرآة، لكن دون أن يقدّم أي برهان بهذا الخصوص، وفضلاً عن ذلك، لا يتميز نصه بالوضوح. بالمقابل، فإن الكندي لا يشرح الفكرة فحسب، بل يعطي برهاناً مفصلاً بالنسبة إلى الأشعة التي بعد أن تنعكس تتلاقى في نقطة من محور المرآة.

لكنه، لسوء الحظ، يتوقف عند الهرم الذي يعطي أربعة وعشرين شعاعاً. والسؤال هنا هو: هل قام بهذا العمل بهدف حل مسألة أنتيميوس؟ أو أنه مضى أبعد من ذلك عندما ضاعف بلا نهاية عدد أوجه الهرم للحصول على مرآة مخروطية تمت دراستها سابقاً في القضية الرابعة؟ إن نهاية نص القضية الرابعة عشرة ضائعة، مما يمنعنا من إعطاء جواب أكيد.

هـ ـ مرآة مكافئة القطع

في القضية الخامسة عشرة، وهي الأخيرة في كتابه، يتناول الكندي قضية أنتيميوس حول المرآة المكافئة القطع. والأمر يتعلق هنا ببناء مرآة ذات قطر معين.

وفي هذه العملية يستخدم الكندي البناء بواسطة النقاط والمماسات لقطع مكافىء له بؤرة وخط دليلي معلومان ولا تختلف هنا أفكاره وطريقته عن تلك التي ترد عند أنتيميوس، لكن برهانه أكثر وضوحاً وأفضل تنظيماً.

ملاحظات:

(١) إن بداية النص مبتورة وقد أعدنا بناءها.

(٢) إذا استخدمنا الطريقة نفسها التي اعتمدها الكندي نستطيع أن نزيد بلا نهاية عدد أضلاع الشكل المضلع B ..... AMSPX. عندئذ نحصل على التوالي على ثلاثة عشر شعاعاً، ثم على خمسة وعشرين، . . . . تلتقي في النقطة D[٢٢].

---

(٢١) انظر: المصدر نفسه.

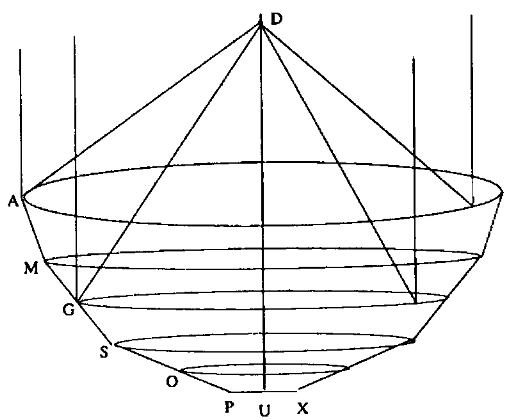
(٢٢) انظر الشكل ص ٣٦٩ من هذا الكتاب.

(٣) إن الإنشاءات المبينة تظهر أن النقاط A و G و O و U تنتمي إلى القطع المكافىء ذي البؤرة D والخط الدليلي EQ، والخطوط المستقيمة FAM و MGS و SOP و PU هي مماسات على القطع المكافىء في هذه النقاط. وإذا زدنا بلا نهاية عدد أضلاع الشكل المضلع، فإن هذا الشكل يقترب أكثر فأكثر من القطع المكافىء.

(٤) يبدو أن الجملة «فتكون مسطرة هذه المرآة» تشير إلى أن الهدف هو استخدام هذا النموذج لاستحداث مرآة بواسطة دوران حول DE.

(أ) إذا أدرنا الخط المضلع AMSPU، فإن كل قطعة مستقيمة تحدث سطحاً جانبياً له شكل جذع مخروط، باستثناء PU التي تحدث سطحاً دائرياً في المستوي العمودي على DE في النقطة U. وتحدث النقاط A و G و O دوائر، وفي كل نقطة من هذه الدوائر ينعكس الشعاع الشمسي على السطح الجانبي لجذع المخروط نحو النقطة D.

الشكل رقم (٣ ـ ١٦)



(ب) إذا أدرنا القوس AU من القطع المكافىء، فإننا نحصل على مرآة مكافئة القطع محورها DU، وكل شعاع ساقط على هذه المرآة ينعكس نحو النقطة D.

بهذه القضية ينهي الكندي كتابه حول المرايا المحرقة.

٣ ـ موقع مؤلَّف الكندي في تاريخ المرايا المحرقة

يحتل مؤلَّف الكندي موقعاً مركزياً في تاريخ علم انعكاس الضوء، فهو الأول باللغة العربية في موضوع المرايا المحرقة، ويقع عند تقاطع تقليد العصور القديمة المتأخرة والتقليد العربي. إنه كَنَصٍّ مفصلي، أساسي إذا ما أردنا فهم الإرث اليوناني وعملية تجديده وإصلاحه انطلاقاً من القرن التاسع. لكن، ولأجل هذه الغاية، لا بد أولاً من تحديد موقعه الصحيح بأكبر قدر ممكن من الدقة.

لا يذكر الكندي نفسه في مؤلفه سوى اسم واحد هو اسم أنتيميوس الترالي. فهل كان هذا الأخير مع أقليدس وثيون المرجع الوحيد للكندي؟ هل التزم الصمت حول عناوين مؤلفات أخرى كان يعرفها؟ ونحن نعرف ترجمات عربية لأربع كتابات يونانية وبيزنطية حول المرايا المحرقة، إحداها هي اقتباس لكتاب ديوكليس (Dioclès) في **المرايا المحرقة**، بالإضافة إلى كتاب أنتيميوس الترالي، وكتاب منسوب للمدعو دترومس (Dtrūms) وآخر منسوب للمدعو ديديم (Didyme)[(٢٣)]. إذاً كان كتاب أنتيميوس الذي ذكره الكندي موجوداً باللغة العربية في ذلك العصر. أما بالنسبة إلى تواريخ ترجمات الكتابات الأخرى، فإننا لا نعرف أي شيء بشكل دقيق. وإلى ما ذكرناه نستطيع إضافة المقطع الشهير لـِ بوبيو (Bobbio)[(٢٤)] الذي لا توجد أية إشارة تسمح بالزعم بأنه قد ترجم إلى اللغة العربية. وإذا أضفنا القضية المنسوبة زعماً إلى أقليدس، فإننا نحصل على الإرث كله، في موضوع المرايا المحرقة، الذي وصلنا من العصور القديمة. وبسبب الشك في تواريخ الترجمة، وتفادياً لأية فرضية، يبقى لنا أن نحدد موقع كتاب الكندي بالنسبة إلى جميع هذه النصوص. لكننا رأينا للتو أن الكندي يعالج موضوع خمس مرايا محرقة، هي المرآة المخروطية، والكروية المقعرة، ونظام مؤلف من خمس وعشرين مرآة سداسية، ومرآة هرمية مبنية انطلاقاً من مضلع منتظم له أربعة وعشرون ضلعاً، وأخيراً المرآة المكافئة القطع. لذلك ستتعلق المقارنة بين كتابة

---

(٢٣) انظر: المصدر نفسه.

(٢٤) يعرف هذا المقطع باسم المكتبة الموجود فيها، أي في بوبيو (Bobbio)، وسنسميه من الآن فصاعداً باسم مقطع بوبيو. انظر: «Mathematici Graeci Minores,» pp. 87 - 92, and Huxley, *Anthemius of Tralles: A Study of Later Greek Geometry*, pp. 20 sqq.

الكندي وإسهامات أسلافه بكل مرآة على حدة. لكننا قد رأينا أن أنتيميوس هو الشخصية الرئيسة في هذا المجال. وقبل أن نمضي قدماً في هذه الدراسة لنلاحظ أن غياب تحقيق نقدي لنص الكندي ـ وهذا التحقيق نقدّمه هنا لأوّل مرّة ـ وكذلك غياب تحقيق للترجمة العربية لنصّ أنتيميوس ـ التي اكتشفناها وصَحَّحْناها ـ قد أضلاّ المؤرخين الذين اعتقدوا أن نص الكندي يتضمن أربع عشرة قضية عوضاً من خمس عشرة، وأنه لا يحتوي على أي شيء حول المرآة المكافئة القطع، في حين أن الكندي يعالج هذا الموضوع. كما أن هؤلاء اعتقدوا أيضاً أن المرآة الهرمية المبنية انطلاقاً من مضلع ذي أربعة وعشرين ضلعاً هي تحسين لنظام أنتيميوس في انعكاس الضوء، في حين أننا رأينا للتو أن هذا التحسين يطال قضية أخرى من نصّ أنتيميوس هي غير موجودة في النص اليوناني الذي وصل إلينا.

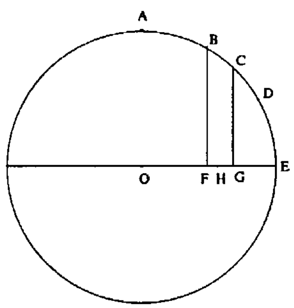
ولنبدأ بمقارنة الدراسات المختلفة المتعلقة بالمرآة الكروية وبالمرآة المكافئة القطع. أما المرايا الأخرى التي تحدثها المقاطع المخروطية فإنها لا تطرح أية صعوبة.

أ ـ المرآة الكروية المقعرة: ديوكليس، دترومس، مقطع بوبيو، أنتيميوس والكندي

قبل أن نقارن كتابات هؤلاء الرياضيين، لنتناول أولاً دائرة كبرى من كرة مركزها O وشعاعها R، وعلى هذه الدائرة النقاط A و B و C و D و E بحيث يكون:

$$\widehat{EA} = \frac{\pi}{2}\text{ ،}\ \widehat{EB} = \frac{\pi}{3}\text{ ،}\ \widehat{EC} = \frac{\pi}{4}\text{ ،}\ \widehat{ED} = \frac{\pi}{6}.$$

الشكل رقم (٣ ـ ١٧)



لنضع على القطعة المستقيمة OE النقاط التالية: F وهي منتصف OE، G وهي مسقط C و H وهي نقطة التقاء المحور OE مع الشعاع المنعكس الموافق للشعاع الموازي لهذا المحور والساقط في النقطة D. لدينا:

$$OF = \frac{R}{2} \text{، } OG = \frac{R\sqrt{2}}{2} \text{، } OH = \frac{R\sqrt{3}}{3}.$$

سنسمّي θ زاوية سقوط الشعاع الموازي للمحور. ومن أجل ترجمة قانون الانعكاس، يستخدم ديوكليس ومؤلِّفُ مقطع بوبيو ودترومس تساوي الزاويتين المحصورتين بين كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس وبين الناظم على الكرة، أي قطر هذه الكرة. إلا أن مؤلف مقطع بوبيو ينتقل من التساوي بين الزاويتين إلى التساوي بين الزاويتين المنحنيتين اللتين يشكلهما هذان الشعاعان مع الدائرة. وبالمقابل، فإن الكندي ينطلق من التساوي بين الزاويتين المنحنيتين ليستنتج أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يحددان وترين متساويين. وقد استخدم هذه الخاصة في ما بعد لرسم الشعاع الساقط.

نضيف إلى هذا الاختلاف الأول الكثير من الاختلافات الأخرى. وهكذا فإن ديوكليس يدرس زوايا السقوط على الأقواس ويبين الحالات التالية:

* $\frac{\pi}{3} > \theta > 0$، في هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالقطعة FE؛

* $\theta = \frac{\pi}{6}$، في هذه الحالة يمر الشعاع المنعكس في النقطة H؛

* $\frac{\pi}{6} > \theta > 0$، في هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالقطعة FH؛

إذا اقتربت الزاوية θ من الصفر، تقترب نقطة التقاء الشعاع المنعكس مع المحور من النقطة F؛ في حين أن كاتب مقطع بوبيو يدرس القوس، $\frac{\pi}{4} > \theta > 0$، وفي هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالقطعة المستقيمة FG.

أما دراسة دترومس فهي أكثر اكتمالاً من دراستَيْ ديوكليس وكاتب مقطع بوبيو. فهو، بالإضافة إلى ما ذكرنا، يتناول الحالة التي لا يلتقي فيها الشعاع المنعكس مع المحور إلا بعد أن يتعرض لانعكاسين أو أكثر على المرآة. ويدرس على التوالي الحالات التالية:

* $\frac{\pi}{2} > \theta > \frac{\pi}{3}$، في هذه الحالة، وفي هذه الحالة فقط، يتعرض الشعاع لعدة انعكاسات ويلتقي المحور على القطعة المستقيمة GE؛

* $\theta = \frac{\pi}{3}$، في هذه الحالة ينعكس الشعاع نحو النقطة E؛

* $\frac{\pi}{3} > \theta > \frac{\pi}{4}$، في هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالمحور على القطعة المستقيمة GE؛

* $\theta = \frac{\pi}{4}$، في هذه الحالة ينعكس الشعاع نحو النقطة G؛

* $\frac{\pi}{2} > \theta > 0$، في هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالمحور على القطعة GE؛ وقد درس كاتب بوبيو هذه الحالة الأخيرة فقط.

ونشير إلى أن دترومس لا يدرس الحالة حيث تكون $\theta = \frac{\pi}{6}$، والتي درسها ديوكليس، وقد استنتج منها هذا الأخير أن مرآة ذات فتحة $2\theta = \frac{\pi}{3}$، تعطي تركيزاً لأشعة منعكسة على قطعة FH صغيرة جداً وهي أقل من $\frac{1}{12}$ من الشعاع.

وبالمقابل، فإن دترومس في القضية ٦ يستنتج أن المرآة التي فتحتها تساوي $\frac{2\pi}{3}$ تعطي الإحراق الأفضل. وقد توصل إلى التركيز نفسه على القطعة FH الذي توصل إليه ديوكليس، وتوصل كذلك إلى تركيز أضعف قليلاً على القطعة HE.

وأخيراً يدرس الكندي الحالات التالية:

* $\theta = 0$، في هذه الحالة يكون الشعاع الساقط موجوداً على المحور وينعكس على نفسه؛

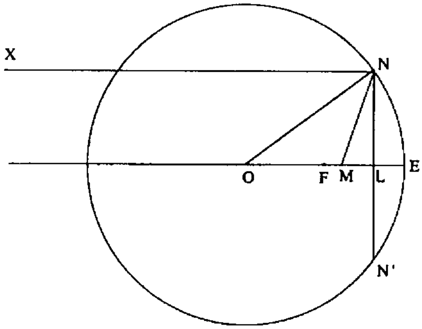
* $\theta = \frac{\pi}{3}$، في هذه الحالة ينعكس الشعاع نحو النقطة E؛

* $\theta = \frac{\pi}{4}$، في هذه الحالة ينعكس الشعاع نحو النقطة G؛

* $\frac{\pi}{2} =< \theta < 0$، في هذه الحالة يود الكندي تحديد نقطة الالتقاء M بالشعاع المنعكس في N مع المحور.

إلا أنه لا يحدد موقع M على القطعة OE كما فعل ذلك ديوكليس وكاتب مقطع بوبيو ودترومس، لكنه يدرس بُعْدَ هذه النقطة عن المسقط L على المحور لنقطة السقوط، وتظهر حساباته أن الطول LM هو معلوم عندما تكون الزاوية $\theta = \widehat{NOE}$ معلومة.

الشكل رقم (٣ ـ ١٨)



في القضية ١٠ يفترض الكندي، ودون أن يوضح ذلك، أنَّ $0 < \theta \leq \frac{\pi}{4}$؛ وفي هذه الحالة تكون النقطة M بين L و O. والطريقة نفسها تطبق إذا كانتَ $\frac{\pi}{4} < \theta \leq \frac{\pi}{3}$، لكن النقطة M تكون في هذه الحالة بين L و E.

أخيراً يتناول الكندي في القضية ١١ القوس $\frac{\pi}{3} < \theta \leq \frac{\pi}{2}$، في هذه الحالة يلتقي الشعاع المنعكس بالمرآة قبل أن يلتقي بالمحور، وتكون النقطة M ما بعد النقطة E.

وفي كل من هذه الحالات يشير الكندي إلى أن النقطة التي يجدها على المحور هي نقطة تقارب جميع الأشعة المنعكسة الصادرة عن الأشعة التي لها زاوية السقوط نفسها. وفي الحالة الأخيرة تكون هذه النقطة وراء المرآة بالنسبة إلى الشمس.

إن حسابات الكندي تسمح لأي شعاع ساقط XN بإيجاد المسافة LM بين مسقط النقطة N على محور المرآة ونقطة الالتقاء M بالشعاع المنعكس مع هذا المحور. ومن هذه الحسابات، رأينا أنه باستطاعتنا، في الحالة $0 < \theta \leq \frac{\pi}{2}$، استنتاج ما يلي:

$$LM = \frac{R}{2} \times \frac{|\cos 2\theta|}{\cos\theta}.$$

لنلاحظ أنّه، إذا كانت المرآة مُحددة بالقوس NN′، فإن تركيز الأشعة المنعكسة يحصل على القطعة FM، لكن الكندي لا يشير إلى هذه المرآة، ولا إلى هذه القطعة، ولا إلى النقطة F. ودراسته للمسافة LM المتعلقة بالدائرة ذات الشعاع LN، في القضيتين ١٠ و١١، تَظْهَرُ كبداية لاستخدام

مفهوم النطاق الدائري الذي تكون دائرته المتوسطة هي الدائرة (L, LN)؛ وهذه الدراسة سيطورها، في ما بعد، ابن الهيثم[٢٥]. إلا أن الكندي لا يقوم بدراسة جميع الأشعة الساقطة على سطح نطاق دائري.

ومن الواضح تماماً أن دراسة الكندي ليست متواصلة مع دراسة ديوكليس، وهي أقل تواصلاً مع دراسة كاتب مقطع بوبيو، وهي ليست أكثر تواصلاً مع دراسة دترومس. إذ نلاحظ أنه لا شيء مشترك مع ديوكليس ولا مع كاتب مقطع بوبيو. ولا شك في أن الحالات الخاصة $\theta = \frac{\pi}{4}$، $\theta = \frac{\pi}{3}$، $\theta = \frac{\pi}{2}$، هي نفسها عند الكندي ودترومس، إلا أن اختيارها يَتَأَتّى عن خصائص هندسية بسيطة مرتبطة بقوانين الانعكاس؛ فضلاً عن ذلك لا يستخدم الكاتبان هذه القوانين بالشكل نفسه، كما ذكرنا ذلك. ونستطيع بالإضافة إلى ذلك إبداء الملاحظات التالية:

(١) إن النقطة F، وهي منتصف الشعاع OE، تظهر عند ديوكليس وعند كاتب مقطع بوبيو وعند دترومس كموقع أقصى لنقطة التقارب على المحور. ولا يشير الكندي إلى هذه النقطة، ليقول إن M يمكن أن تكون بين L و O أو بين L و E أو ما بعد E، لكنّه لا يؤكد أن النقطة M لا يمكن أن تكون على OF.

(٢) إن دراسة القطعة التي تتقارب عليها الأشعة الساقطة على مرآة كروية ذات فتحة معينة، أي الأشعة التي تُحَقِّقُ زاوية السقوط θ لكل شعاع منها: $0 < \theta < \theta_1$، نجدها عند ديوكليس في حالة $0 < \theta < \frac{\pi}{6}$، وعند كاتب مقطع بوبيو في حالة $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$، و وعند دترومس في حالتي $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$، و $0 < \theta < \frac{\pi}{3}$، لكننا لا نجد هذه الدراسة عند الكندي.

إن مقارنة دراسة الكندي للمرآة الكروية المقعرة مع دراسات ديوكليس وكاتب مقطع بوبيو ودترومس لا تدع أي مجال للشك ليس فقط باستقلال دراسة الكندي عن هذه الدراسات، بل كذلك باستقلال كل واحدة من هذه

---

(٢٥) أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، «في المرايا الكروية المحرقة،» في: أبو علي محمد ابن الحسن بن الهيثم، **مجموع الرسائل** (حيدر آباد: دائرة المعارف العثمانية، ١٣٥٧هـ/١٩٣٨ ـ ١٩٣٩م)، و H. J. Winter and W. Arafat, «A Discourse on the Concave Spherical Mirror by Ibn al-Haytham,» *Journal of the Royal Asiatic Society of Bengal,* 3ème série (science), vol. 16, no. 1 (1950), pp. 1 - 6.

الدراسات الأخيرة عن الدراستين الأخريين. وهذا الاستقلال يتأكد مرة أخرى عندما نتناول حالة المرآة المكافئة القطع، كما سنرى ذلك لاحقاً.

ب ـ المرآة الكروية المقعرة: الكندي وابن الهيثم

لفهم الموقع الصحيح لإسهام الكندي، ينبغي علينا معرفة تأثيره في الأبحاث التي كرسها من أتوا بعده للمرايا المحرقة. وقد رأينا في اقتباس ابن عيسى قضيتين من مؤلَّف الكندي حول المرايا. ومن المحتمل تماماً أنه كانت هناك كتابات أخرى مستوحاة من مؤلَّف الكندي ومعرفتها تبقى رهناً بالبحث التاريخي اللاحق. وسنتوقف هنا عند مؤلف ابن الهيثم حول **المرايا الكروية المحرقة** لنتفحص ما يدين به الكندي، ولنحدد المسافة التي قطعها البحث لاحقاً خلال قرن ونصف القرن. لنتناول باختصار وعلى التوالي القضايا التي أثبتها ابن الهيثم:

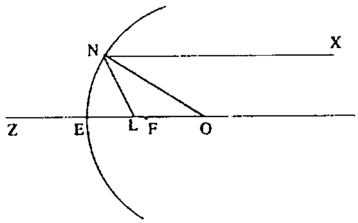
في القضيتين الأولى والثانية يبين ابن الهيثم أن لأية دائرة مرسومة على الكرة توجد نقطة مقترنة بالدائرة، موجودة على محورها والعكس صحيح. وهكذا فإنه يثبت في القضية الأولى أن كل شعاع XN موازٍ لمحور المرآة ينعكس في النقطة N ويلتقي بالمحور في نقطة L. ويثبت أن هذا التقاطع يحصل، وأنه إذا رسمت النقطة N دائرة حول المحور، فإن النقطة L تبقى هي نفسها. أما في القضية الثانية فإنه يثبت أن أي شعاع غير تلك الأشعة التي تسقط على الدائرة التي ترسمها النقطة N لا ينعكس نحو L.

وهذه الخاصة التي بينها ابن الهيثم في القضيتين الأولى والثانية لم يثبتها أحد قبله، وفق ما نعرف.

وفي القضية الثالثة يبيِّن أن لأي شعاع XN موازٍ للمحور، تكون النقطة L على مسافة OL من مركز الكرة، وهذه المسافة أكبر من ربع القطر.

لتكن النقطة F منتصف الشعاع OE، فيكون معنا $OL > OF$ مع $L \in FZ$.

الشكل رقم (٣ ـ ١٩)



في القضية الرابعة يبين ابن الهيثم أنه إذا كان $\widehat{EON} = \theta = \frac{\pi}{4}$، والنقطة N في C، وEC هو ضلع المثمَّن، فإن الشعاع ينعكس عندئذ في النقطة G التي هي مسقط C على المحور(٢٦).

في القضية الخامسة إذا كان لدينا $\theta = \frac{\pi}{3}$، وكانت النقطة N في B، وEB ضلع السداسي، عندئذ ينعكس الشعاع نحو E.

إذا كان لدينا $\frac{\pi}{2} > \theta > \frac{\pi}{3}$، وكانت القطعة EN موجودة بين ضلع السداسي وضلع المربع، عندئذ ينعكس الشعاع نحو نقطة خارج الكرة.

إذا كان لدينا $\frac{\pi}{3} > \theta$، وكانت القطعة EN أصغر من ضلع السداسي، عندئذ ينعكس الشعاع نحو نقطة من القطعة EF.

إذا تناقصت الزاوية θ لتقترب من الصفر، فإن النقطة تقترب من F.

يدرس ابن الهيثم إذن حالة $\frac{\pi}{2} > \theta > \frac{\pi}{3}$، التي رأيناها عند الكندي ودترومس والتي لم نرها عند ديوكليس وعند كاتب مقطع بوبيو. لكن دترومس، وكما أشرنا، يُبَيِّن أن الشعاع في هذه الحالة يتعرض لانعكاسين أو أكثر قبل أن يلتقي بالمحور داخل الكرة، لكنه لم يدرس النقطة التي يتوجه إليها الشعاع الأول المنعكس للالتقاء بالمحور خارج الكرة.

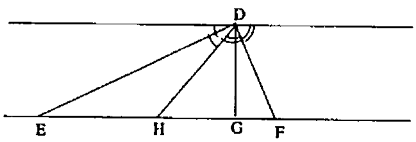
وكما فعل الكندي، يدرس ابن الهيثم خارج الكرة نقطة تقارب جميع الأشعة ذات زاوية السقوط θ حيث يكون $\frac{\pi}{2} > \theta > \frac{\pi}{3}$.

بعد ذلك يأخذ ابن الهيثم في القضية ٦ دائرة (G, GD) ونقطة H على محورها، ويدرس تحديد مرآة كروية، بحيث إن الأشعة الساقطة على هذه الدائرة والموازية لمحورها تنعكس نحو النقطة H.

(٢٦) انظر الشكل رقم (٣ ـ ١٧)، ص ١٧٠ من هذا الكتاب.

وفقاً لقوانين الانعكاس، ينبغي أن تكون المسافة بين النقطة H ومركز الكرة مساوية للقطعة HD، بذلك نحصل على نقطتين E وF من المحور بحيث يكون HD = HF = HE. بناء على ذلك هناك كرتان تلبيان شروط المسألة، الأولى هي الكرة (E, ED) والثانية هي الكرة (F, FD). إلا أن هذه الدراسة لم ترد في أي من النصوص التي نعرفها.

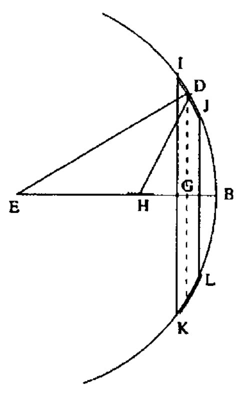
الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)



في **القضية ٧**: يتناول ابن الهيثم كرة مركزها E ونطاقاً دائرياً على هذه الكرة محدّداً بدائرتين محورهما EB؛ ويأخذ $\widehat{IJ}$ القوس المولّد وD منتصفه، ويبين أنه إذا اقترنت بكل واحدة من الدائرتين نقطة على المحور، فإن الأشعة المنعكسة على النطاق الدائري تلتقي بالقطعة المحددة بهاتين النقطتين.

إذا كان GD الشعاع المتوسط للنطاق الدائري، فإن النقطة H تقترن بالنقطة D وتكون القطعة على جانبي النقطة H. أما طول هذه القطعة فإنه يتعلق بالقوس المولّد $\widehat{IJ}$ للنطاق الدائري.

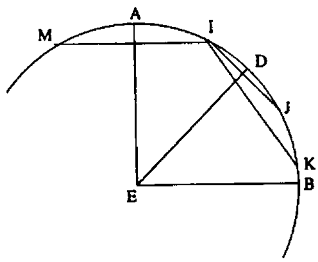
الشكل رقم (٣ ـ ٢١)



في **القضية ٨**: يشرح ابن الهيثم بناء مرآة لها شكل نطاق كروي دائري مخصص للحصول على إحراق في نقطة معينة H. وهو يعطي نفسه الشعاع المتوسط GD للنطاق الدائري والمسافة GH. والقضية ٦ تسمح بتحديد شعاع الكرة؛ بعد ذلك يشرح ابن الهيثم عملية البناء الفعلي لمرآة يكون سطحها العاكس نطاقاً كروياً دائرياً. كما أنه يبين الحالة التي يكون فيها الإحراق خارج السطح الكروي. فالواقع هو أن سطح المرآة، أي سطح النطاق الكروي الدائري الذي يُحدثهُ القوس $\widehat{IJ}$ ذو المنتصف المعطى D، لا ينبغي له أن يشكل عائقاً أمام الشعاع المنعكس على المرآة. وإذا كان الشعاع المنعكس في I يقطع مجدداً الكرة في K، فإنه يكون لدينا $\widehat{IK} = 2\widehat{IA}$؛ وبالتالي، ولكي لا يلتقي الشعاع المنعكس في I بالمرآة قبل أن يلتقي بالمحور، فإنه ينبغي أن يكون لدينا $\widehat{IJ} < 2\widehat{IA}$، أي $\widehat{ID} < \widehat{IA}$. ولنلاحظ أنه إذا كانت النقطة D محددة بالعلاقة $\widehat{BD} = \theta$ وإذا أخذنا $\widehat{IJ} = 2\widehat{ID} = 2\alpha$، يكون لدينا:

$$\widehat{IA} = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \theta)$$

الشكل رقم (٣ ـ ٢٢)



ويعطي الشرط $\widehat{ID} < \widehat{IA}$:

$$\alpha < \frac{\pi}{2} - (\alpha + \theta)$$

فينتج من ذلك:

$$.2\alpha = \widehat{IJ} < \frac{\pi}{2} - \theta$$

في القضايا التالية يشرح ابن الهيثم بناء مرايا بواسطة تركيب نطاقات كروية دائرية متجاورة متأتية من كرات مختلفة. وفي حالة أولى، يريد الحصول

لجميع النطاقات على تقارب للأشعة المنعكسة على قطعة واحدة. وفي حالة ثانية، يريد الحصول على تقارب على قطعتين مختلفتين.

وقد أشرنا بخصوص القضية ١١ عند الكندي، أن هذا الكاتب يبيِّن أنه إذا أردنا أن تصل الأشعةُ الشمسية التي لها زاوية سقوط معطاة، إلى نقطة التقارب هذه، فإنه لا بد من إزالة قبة كروية. لكن الكندي، وبخلاف ابن الهيثم، لا يبين العلاقة بين زاوية السقوط للشعاع المدروس والقوس المولِّد للقبة. أما في **القضية ٨** فإن دراسة الكندي قريبة من دراسة ابن الهيثم في ما يتعلق بالمرآة المحددة بنطاق كروي دائري، في الحالة التي تكون فيها نقطة التقارب خارج الكرة، لكن ليس لها الدقة التي تتمتع بها دراسة ابن الهيثم. كما نشير إلى أن إعطاء ابن الهيثم في القضية ٦ للمسافة GH وللشعاع GD للدائرة ينبغي مقارنته مع دراسة الكندي للقطعة LM مع زاوية سقوط θ أياً كانت؛ وهذه الدراسة ترد في القضيتين ١٠ و١١ من مؤلفه. لكن بالمقابل، وهذا الأمر يبدو لنا جوهرياً، فإن دراسة القطعة التي تتقارب عليها الأشعة الساقطة على قبة كروية $0 < \theta < \theta_1$ أو على نطاق كروي دائري $\theta_1 < \theta < \theta_2$، هي أساسية في مؤلف ابن الهيثم، وهي لا ترد عند أحد قبله بما فيه عند الكندي.

ومع ابن الهيثم، فإن المسألة التي تناولها ديوكليس وكاتب مقطع بوبيو ودترومس في حالات خاصة فقط هي $(0, \frac{\pi}{6})$ و $(\theta, \frac{\pi}{4})$ و $(0, \frac{\pi}{3})$، قد دُرِسَت في فسحة (θ_1, θ_2). ويبين ابن الهيثم أن موقع القطعة وطولها يتعلقان بطول القوس.

إن هذه المقارنة، وإن كانت مختصرة، تسمح لنا بالجزم أن ابن الهيثم قد عرف بالتأكيد نص الكندي وربما قد عرف نصّ دترومس كذلك. لكن مؤلف الكندي لا يشكل سوى نقطة انطلاق قبل تحويل المسألة بفضل مفهوم نطاق التقارب التي هي أداة أساسية في دراسة ابن الهيثم. فضلاً عن ذلك، يظهر في كل برهان عند ابن الهيثم هاجس الدقة؛ نلاحظ ذلك في برهانه لوجود نقطة التقاطع للمحور وللشعاع المنعكس في القضية ١، وفي التوافق بين دائرة على الكرة ونقطة على المحور في القضية ٢، أو في النقاش الوارد في القضية ٨.

وهكذا يتحدد موقع دراسة الكندي للمرآة الكروية المحرقة: لقد مضى

قُدُماً متجاوزاً كل المؤلفات التي وصلتنا من العصور القديمة والعصور القديمة المتأخرة. ودراسته لا يمكن اقتصارها على إحدى مثيلاتها من دراسات كتّاب تلك العصور، وقد شكلت نقطة انطلاق لمن أتوا بعده كابن الهيثم الذي قد غيَّرَ، هو نفسه، طبيعة المسألة.

ثانياً: شرح إدراك الجسم الغائص في الماء بواسطة الانعكاس: مقطع من مؤلَّف الكندي «في عظم الأشكال الغائصة في الماء»

من بين أعمال الكندي في علم المناظر، يذكر المفهرسون القدامى مؤلَّفاً عنوانه **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**(٢٧). وهذا الكتاب لم يكن يذكره أحد، إذ انه بلا شك قد اعتُبِرَ مفقوداً؛ إلا أنه ولحسن الحظ ليس مفقوداً بأكمله. فالمقطع الذي عثرنا عليه يقدم لنا نص الكندي، ويسمح لنا أن نثبت، كما فعلنا بخصوص كتاب **تقويم الخطأ**، أن هذه الكتابة كانت معروفة من قِبَل أحمد بن عيسى الذي اقتبسها. لذلك أصبح من الممكن الآن تصحيح خطأ تم ارتكابه حديثاً(٢٨) يتعلق بنسبة هذا المؤلَّف. وسنتناول هذه المسائل لتاريخ النصوص بعد أن نعيد باختصار تناول مسألة علم المناظر هذه التي أثرناها.

يتناول مقطع الكندي، كما سنثبت ذلك، ، سؤالاً وحيداً، وهو لماذا تُرى الأجسام الغائصة في الماء أكبر مما هي عليه كلما غاصت أكثر؟ وهذا يعني أنه لا يوجد تمهيد لنعرف لماذا طرح الكندي هذه المسألة بدلاً من أية مسألة أخرى، كما أنه لا توجد قضايا أخرى تسمح بتقديم معلومات حول سياق

---

(٢٧) أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠هـ/ ١٩٧١ ـ ١٩٧٢م)، ص ٣٢٠؛ أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، [تحقيق] يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٣٧٥ ـ ٣٧٦، وأبو العباس أحمد ابن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، شرح وتحقيق نزار رضا (بيروت: دار مكتبة الحياة، [١٩٦٥])، ص ٢٩٢ ـ ٢٩٣.

(٢٨) انظر: *The Optics of Ibn al-Haytham. Books I-III, on Direct Vision*, translated with introduction and commentary by A. I. Sabra, Studies of the Warburg Institute; v. 40, 2 vols. (London: University of London, Warburg Institute, 1989), vol. 2, pp. xxvi-xxvii.

انظر أيضاً الفصل ١، الهامش رقم (٩٨)، ص ٩٤ من هذا الكتاب.

المسألة، وكذلك لا توجد خلاصة تذكرنا بالهدف المنشود. وما لدينا فقط هو الإجابة عن السؤال، وهذه الإجابة يمكن تلخيصها على الشكل التالي:

إذا كان جسم AB(٢٩) موضوعٌ على سطح الماء يُرى من النقطة C بزاوية ACB، عندئذ إن الجسم الموجود في الوضع IH يُرى بالزاوية MCL أكبر مما هو يُرى بالزاوية ACB؛ ذلك أن العين، الموجودة في C، لا ترى بالزاوية ACB إلا القسم KJ من الجسم IH.

يتمثل التبرير الذي قدمه الكندي في تَبْيين أن الأشعة FB، GA، NL، SM التي تصل بعد تمديدها على استقامة إلى J، K، H، I على التوالي دون أن تتعرض للانحراف على سطح الماء، تنتج من انعكاس الأشعة البصرية CB، CA، CL، CM(٣٠) على هذا السطح.

هذا هو مضمون المقطع الذي وصل إلينا، والذي لا يقول شيئاً عن مقاصد الفيلسوف. لماذا تناول هذا الموضوع؟ وفي أي سياق؟ ما هي القضايا الأخرى التي كان يُمكِن لكتابه أن يتضمنها؟ إنها مسألة دقيقة نظراً للحالة الراهنة لمعارفنا، وهي تستطيع إضاعتنا في التخمينات. لذلك سنورد احتمالين لا يستبعدان إطلاقاً أي احتمال آخر. والاحتمال الأول يقودنا إلى مسألة «الخداع القمري» الشهيرة، أما الثاني فيقودنا إلى بعض المسائل التي كانت مطروحة في العصور القديمة حول الرؤية من خلال الماء، وذلك على الأرجح في العمل المنسوب إلى أرشميدس وهو **انعكاس الضوء**.

من بين الظواهر البصرية الجوية هناك واحدة هي، في الواقع، ليست أقل شهرة من ظاهرة قوس قزح أو من ظاهرة الهالة، وهي تتمثل في رؤية الكواكب في الأفق أكبر قياساً ممّا هي عليه في مواقع أخرى، وهي تحمل في الوقت الحاضر تسمية «الخداع القمري»(٣١). وقد أثارت هذه الظاهرة اهتمام

---

(٢٩) انظر الشكل ص ٣٧٥ من هذا الكتاب.

(٣٠) انظر لاحقاً ص ٣٧٤ ـ ٣٧٥ من هذا الكتاب.

(٣١) انظر: R. Rashed, «Fūhīṭos (?) et al-Kindī sur «l'illusion lunaire»,» dans: Marie-Odile Goulet-Cazé, Goulven Madec et Denis O'Brien, dirs., *[Sophies Maietores] = Chercheurs de sagesse: Hommage à Jean Pépin*, collection des études augustiniennes. Série antiquité, 1158-7032 ; 131 (Paris: Institut d'études augustiniennes, 1992), pp. 534 - 539.

بطلميوس وكذلك أسلافه وشراحه. وهؤلاء جميعهم كانوا يريدون أن يفسروا لماذا نرى الكواكب، وبخاصة الكوكبين النيّرين، أكبر في الأفق مما هما عليه في سمت الرأس. والأجوبة التي اقترحها الكتّاب القدامى، وبغض النظر عن تنوعها، تصدر جميعها عن فكرة واحدة مفادها أن سبب الظاهرة يكمن في تبدُّلات كثافة الهواء، هذه التبدلات التي تنتج بخاصة من وجود بخار الماء الذي يتوسط بيننا وبين الكواكب. وقد ظهر هذا التفسير للمرة الأولى عند أرسطو[٣٢]، كما اعتمده سترابون (Strabon) وأولمبيودور (Olympiodore) وبطلميوس نفسه وثيون الاسكندري، وكذلك القادم الجديد فوثيتوس (Fūthiṭos)[٣٣]. وهكذا، عندما بحث هؤلاء الكتّاب عن السبب الرئيس لهذا الخداع في بخار الماء، فإنهم فتحوا الطريقَ لدراسته، ذلك أنه تكفي ملاحظة ما يجري عندما تجتاز الأشعة البصرية الماء، وهذا التَفَحُّص يتم مباشرة وتحقيقه سهل، في حين أن تفحُّصَ الظاهرة الجوية ليس كذلك. وقد نُقِل إلى العربية نصان نجد فيهما هذا التفسير معدّاً بطريقة هندسية. ويعود أحدهما إلى ثيون الاسكندري وهو موجود في شرحه للكتاب الأول من **المجسطي**، ومن المحتمل أن يكون الكندي قد عرفه. أما الثاني فيعود إلى فوثيتوس[٣٤]. وهذان الكاتبان، أي ثيون وفوثيتوس، يستندان إلى العمل الشهير المنسوب إلى أرشميدس أي **انعكاس الضوء**، كما يستخدمان الانكسار الضوئي. كما أن أولمبيودور في شرحه لكتاب **الآثار العلوية** العائد لأرسطو[٣٥] يلجأ بدوره إلى استخدام الانكسار الضوئي. لذلك، فإن سؤالنا واضح: هل كتب الكندي مؤلفه في هذا السياق، أي ليعالج مسألة الخداع القمري؟ هل كان يعرف هذه النصوص، أو على الأقل بعضاً منها؟ وأخيراً، لماذا في هذه الحالة الأخيرة اختار الانعكاس بدلاً من الانكسار؟

إن اقتباس ابن عيسى يدعم إلى حد ما جواباً إيجابياً عن السؤال الأول.

---

(٣٢) Aristote, *Météorologiques*, texte établi et traduit par Pierre Louis, collection des universités de France ; 0184-7155, 2 vols. (Paris: Belles lettres, 1982), III, 4, 373 b, 10-13.

(٣٣) Rashed, Ibid.

(٣٤) المصدر نفسه، ص ٥٤٨ ـ ٥٥٣.

(٣٥) انظر: G. Stüve, ed., *In Aristotelis Meteora Commentaria*, GAG III 2 [Arist. 37 a 18].

انظر أيضاً: **شروح على أرسطو مفقودة في اليونانية ورسائل أخرى**، حققها وقدم لها عبد الرحمن بدوي (بيروت: دار المشرق، ١٩٨٦)، ص ١٤٦.

كما أنه يوحي بوجود قضايا أخرى تُظهر جيداً أن الخيارين اللذين عرضناهما سابقاً لا يستبعد أحدهما الآخر.

وهكذا يتصرف ابن عيسى بمقطع الكندي ويدرجه في كتابه على الشكل التالي:

«ولنذكر الآن العلة التي لها يُرى الجرم الغائص في الماء الصافي أعظم قدراً منه في نفسه إذا كان خارج الماء».

وفي نهاية المقطع الذي وصلنا من مؤلف الكندي، يكتب ابن عيسى: «فلهذه العلة التي وصفنا نرى الشمس والقمر وأي الكواكب في أفق المشرق والمغرب أعظم قدراً منها في وسط السماء؛ وذلك أن بخار الأرض يصعد دائماً سامياً إلى فوق على استقامة فيسترها عنا حتى يصير بيننا وبينها كَلُجَّة ماء؛ والبخار رطب، فيعرض للشمس والقمر والكواكب من ذلك ما يعرض للجرم الغائص في الماء بمثل العلة التي قدمنا، فَيُرى بزاوية أكبر منها إذا كانت في وسط السماء، فَتُرى أعظم أقداراً منها وهي في الشرق والغرب. وبمثل هذه العلة يعرض للجرم الذي يُرى في السراب وما وراءه، فإنه يُري الجسم الصغير عظيم الجثة جداً؛ وذلك أن السراب إنما هو بخار مرتفع من الأرض بقبول الحَما من شعاع الشمس الواقع عليها»[٣٦].

وإذا أخذنا بعين الاعتبار طرائق الاقتباس عند ابن عيسى التي أكدنا عليها، مثلما أكدنا أيضاً على التشابه في اللغة، فإننا لن نعجب إذا كان هذا المقطع الذي أوردناه قد استُعيرَ من كتاب الكندي. وإذا كان هذا التخمين صحيحاً، يكون باستطاعتنا أن نفهم في أي سياق صاغ الفيلسوف البغدادي هذه المسألة. بل سيظهر طبيعياً أن يكون الكندي قد طرح مسألةً سبق أن عالجها شراح أرسطو وكذلك شراح بطلميوس، لأن هذين العالمين كانا يثيران اهتمامه إلى أقصى حد.

من جهة أخرى، نشير إلى أن ابن عيسى يتابع المقطع السابق بطرح سؤال من الصنف نفسه، ومن المحتمل تماماً أن يكون هذا السؤال قد طُرِح أيضاً من قبل الكندي، وهو: لماذا يبدو الجسم الغائص في الماء كأنه في

---

(٣٦) أحمد بن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر**: (Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934), fol. 55^{v} -56^{r}, and (Istanbul, Laleli 2759), fol. 74^{r} -74^{v}.

مكان أقرب إلى سطح الماء من موقعه الحقيقي؟ وهذه المسألة هي من النوع الذي نجده في المصادرة السادسة من مؤلف **انعكاس الضوء** المنسوب إلى أقليدس[٣٧]، والتي يبدو أنها كانت ضمن المؤلف الشهير **انعكاس الضوء** المنسوب إلى أرشميدس[٣٨].

وفق التخمين السابق ـ الذي مفاده أن ابن عيسى لم يستعر هذا المقطع فحسب، وهذا أمر مؤكد، بل أخذ أيضاً فقرات أخرى قصيرة وردت قبل المقطع وبعده ـ إن كتاب الكندي قد يتضمن مسائل أخرى مخصصة لدراسة الأجسام الغائصة في الماء. ومن جهة أخرى، فإن قضيته المركزية قد تكون مخصصة، ولو جزئياً على الأقل، لتفسير ظاهرة الخداع القمري. لكن المسألة تبقى، بداهةً، مفتوحة طالما أننا لم نجد النص الكامل لهذا الكتاب.

إن تفسير هذه الظواهر بواسطة الانعكاس قد استمر إذن بعد الكندي. ولا نجد هذا التفسير عند ابن عيسى فحسب، بل أيضاً في كتاب لفيلسوف، في نهاية القرن العاشر، من مدرسة بغداد على أرجح الاحتمالات. والأمر يتعلق بالمدعو محمد بن الهيثم[٣٩] الذي التبس اسمه عند البعض مع الرياضي الشهير الحسن بن الهيثم. إن محمد بن الهيثم، وعلى الأرجح تحت تأثير سلفه من القرن التاسع، أي الكندي، قد عالج الظواهر نفسها بواسطة الانعكاس، علماً أنه في ذلك الحين كان مُؤَلَّف **علم المناظر** لبطلميوس، بما

(٣٧) انظر المصادرة السادسة من مؤلف **انعكاس الضوء**: «إن جسماً ما ينظر إليه في وعاء، إذا أصبح على مسافة بحيث إنه لم يعد يرى، وإذا بقيت المسافة هي نفسها، فإنه يصبح مرئياً بعد أن نصب الماء في الوعاء». انظر: Euclide, *L'Optique et la catoptrique: œuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke* (Paris: [s. n.], 1959), p. 99.

(٣٨) المصدر نفسه، ص ٩٩، الهامش رقم (٣).

(٣٩) يبدأ نص محمد بن الهيثم بطريقة مشابهة لطريقة الكندي، ويستخدم الاستدلال نفسه. نقرأ في مؤلفه **في شرح المجسطي**: «فلأنه قد بان في كتب المناظر أن الشعاعات البصرية تنعكس عن سطوح المبصرات على زوايا متساوية وخطوط مستقيمة [. . .] وأن هذه الخطوط تنفذ في أجسام الأشياء الشفافة، فتنتهي إلى الشيء الغائص في تلك الأجسام، فيقع الإبصار بالشعاعات المنعكسة». انظر: محمد بن الهيثم، **في شرح المجسطي** (Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3329), fol. 6^{r-v}.
إن نص محمد بن الهيثم الذي نعرض بدايته يبدو كاستعادة صيغت بلغة تكاد لا تختلف عن لغة الكندي.

في ذلك الكتاب الخامس، قد تُرجم ونُشِر، كما تشهد على ذلك أعمال ابن سهل مواطن ابن الهيثم.

ثالثاً: حول آثار مؤلَّفيْن للكندي

١ ـ مقدمة

بالإضافة إلى كتاب **في الشعاعات الشمسية**، هناك ثلاثة مؤلفات أخرى أشار إليها المفهرسون القدامى، ذكرناها سابقاً، وهي تتناول جميعها موضوع المرايا. وعنوان المؤلَّف الأول واضح وهو **في عمل المرايا المحرقة**، مما يسمح بسهولة بتحديد موضوعه. وهذا الكتاب، الذي يقع على الأرجح في إطار تقليد أنتيميوس الترالي، قد تناول على ما يبدو بناء مرايا تحرق بواسطة أشعة الشمس أو بواسطة أشعة النار. وعنوان الكتاب الثاني هو **في اختلاف مناظر المرآة**، لذلك يتعلق الأمر بمؤلف في انعكاس الضوء، وهو بلا شك من صنف كتاب قسطا بن لوقا[٤٠]، حيث يعالج فيه الكندي خصائص بصرية لعدد من المرايا، ويقدم في بعض الأحيان عرضاً بسيطاً للخصائص المحرقة لبعض منها. أما عنوان المؤلَّف الثالث **في مساطر المرآة**، فإنه يتركنا إلى حد ما في حيرة. فنحن نجهل إن كان الأمر يتعلق بنماذج لبعض المرايا المحرقة، أو بنماذج لمرايا دون تحديد.

ومن هذه المؤلفات الثلاثة لم يصلنا أي منها باسم الكندي سواء بالنص الكامل أو بشكل جزئي، كما أن مسألة وجودها لم تُثَر أبداً على حدّ علمنا. لكن مقولة غياب هذه المؤلفات وكذلك مسألة الصمت حولها قد سقطتا بعد اكتشاف مخطوطة اسطنبول[٤١]. فهذه المخطوطة تتضمن مقطعاً رابعاً للكندي حققناه وأوردناه في هذا الكتاب، وهو يتناول بالتحديد موضوع بناء مرآة كروية مقعرة. وبما أن هذا المقطع لا يصدر عن مؤلَّف **في الشعاعات الشمسية**، وبما أنه لا يمكن أن يصدر إلا عن كتاب مخصص للمرايا المحرقة ولبنائها، فإنه يستطيع أن يضعنا على آثار كتابة الكندي في موضوع بناء المرايا المحرقة. ومما لا شك فيه أن المقطع الوارد في مخطوطة

(٤٠) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٤٨٣ من هذا الكتاب.

(٤١) هذه المخطوطة تتضمن مقطعين للكندي. انظر لاحقاً ص ٢٢٥ من هذا الكتاب.

اسطنبول لا يسمح لنا وحده بالذهاب بعيداً إلى هذه الدرجة. وفي هذه المرة أيضاً يأتي ابن عيسى لنجدتنا، رغماً عنه إذا صح التعبير، ويبين لنا اقتباسه الطريق، وذلك أنه أعاد كتابة هذا المقطع نفسه في مجموعة من القضايا تتناول بالتحديد موضوع بناء المرايا المحرقة. وبالنسبة إلى هذا المقطع وإلى اقتباس ابن عيسى، فإننا نستطيع أن نكرر حرفياً ما سبق وقلناه عندما كان الأمر يتعلق بالمقطع الآخر حول الأجرام الغائصة في الماء. إلا أن المسألة كلها تكمن في معرفة ما هي القضايا الأخرى التي يمكن أن تكون عائدة إلى الكندي والتي من بينها تظهر القضية التي يتضمنها المقطع. وهذه المسألة، بخلاف ما كان عليه الأمر في حالة كتاب **تقويم الخطأ**، هي أكثر صعوبة ولا سيما أنه ليس لدينا من كتاب الكندي سوى مقطع واحد فقط.

يعيد ابن عيسى كتابة هذا المقطع مع القضايا الأخرى حول المرايا المحرقة في بداية فصل مخصص في الوقت نفسه لدراسة المرايا المحرقة ولدراسة الخصائص الانعكاسية للمرايا المقعرة والمحدبة. وهكذا يذكر ابن عيسى أنه وبعد الانتهاء من دراسة انعكاس «الشعاعات النورية الخارجة من البصر» فإنه يشرع في دراسة «العلة التي لها تُحرق المرايا ونرى الوجه في المرآة المحرقة عظيماً جداً». فهو إذن يبدأ بدراسة بناء بعض المرايا المحرقة قبل أن يعود في جزء ثان من هذا الفصل إلى دراسة الخصائص البصرية لبعض منها.

وهنا نرى طريقة في العمل تذكرنا بشكل خاص بالطريقة التي أبرزناها سابقاً والتي اعْتُمِدَتْ في اقتباس نص **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**، وكذلك في اقتباس مجموعة قضايا من كتاب **تقويم الخطأ**. إن ابن عيسى، في كل مرة، يُدخِل مجموعة قضايا كجواب عن سؤال يطرحه وذلك للإشارة إلى انتقال ما، وكذلك لتقسيم النص المقتبس إلى مقاطع، مع ترك بعض أجزائه وعدم الأخذ بها من جديد: لكن المسألة هذه المرة تتعلق في آن واحد بالخصائص المحرقة وبالخصائص البصرية. وسنبين أنه من المحتمل تماماً أن يكون مصدر القضايا الأساسية الواردة في الفصل الذي كتبه ابن عيسى حول المرايا، هو مؤلف الكندي **في عمل المرايا المحرقة**(٤٢). أما في ما يتعلق

(٤٢) من المحتمل تماماً أن الكندي يستند إلى هذا المؤلف في كتابه **في الشعاعات الشمسية**، القضية رقم (٤).

بالقضايا التي تتناول انعكاس الضوء، فإننا لا نملك أية وسيلة مباشرة لتقدير ما يدين به ابن عيسى لكتاب الكندي في **اختلاف مناظر المرآة**. والطريقة الوحيدة المتوفرة أمامنا تفرض علينا القيام بِتَحَوُّل إلى كتاب قسطا بن لوقا؛ وهذه الطريقة هي غير مباشرة، وهي بالتالي تخمينية. وإذا لجأنا إلى استخدامها، فلا يكون ذلك من أجل الإجابة عن السؤال، بل بالتحديد من أجل طرحه.

أ ـ مقطع الكندي واقتباس ابن عيسى: المرآة الزوجية السطح والمرآة الكروية المقعرة

يتناول المقطع الوارد في مخطوطة اسطنبول والعائد للكندي القضية التالية: «كل مرآة قوسها ثلث دائرتها... ينعكس الشعاع الأول من نهايتيها على مركز المرآة». غير أن هذه القضية، كما ذكرنا، تندرج ضمن مجموعة في اقتباس ابن عيسى، الذي يحوي عدداً من القضايا التي قد تكون صادرة عن هذا الكتاب نفسه العائد للكندي والذي أتى منه هذا المقطع. لندرس هذه المجموعة.

ترد القضية الأولى التي يعرضها ابن عيسى في هذا الفصل على الشكل التالي: «كيف ينعكس الشعاع من ضلعي المرآة إلى النقطة التي هي مركز المرآة المحيطة بالضلعين والزاوية التي يحيط بها الضلعان».

في الواقع، يتعلق الأمر بمرآة زوجية السطح، وجهاها سطحان مستطيلان متساويان. ويتناول ابن عيسى الدائرة المحيطة بالمثلث DBE المتساوي الساقين بموجب الفرضية[٤٣]. إذا كانت النقطة I هي مركز الدائرة، يكون لدينا $\widehat{IBE} = \widehat{IBD} = \widehat{IEB} = \widehat{IDB}$. وإذا كان GE وFD شعاعين شمسيين موازيين للمستقيم IB، فإن الشعاعين الموافقين لهما بالانعكاس في النقطة E على المرآة أي BE وفي النقطة D على المرآة أي BD يتقاطعان في I. غير أن هذه القضية كما ترد في نص ابن عيسى تتطابق مع القضية الأولى من مؤلف الكندي **في الشعاعات الشمسية**. وفي كلتا الحالتين تتم معالجة المرآة نفسها وتجري الدراسة بالنسبة إلى زاوية مستوية من زوجي السطح. والبرهانان يختلفان قليلاً. فالكندي في كتاب **في الشعاعات الشمسية** يبين أن الشعاعين المنعكسين الموافقين للشعاعين الأقصيين يقطعان مُنَصِّف الزاوية B المشكلة من المرآتين في النقطة نفسها التي هي مركز الدائرة المارة بالنقاط E وB

(٤٣) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

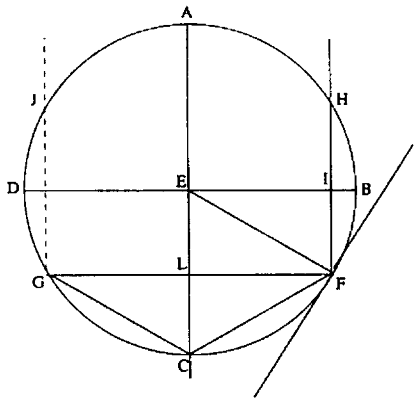
وD. وهكذا، في كتاب **في الشعاعات الشمسية**، ينطلق الكندي من قوانين الانعكاس على مرآة مستوية ليبين أن شعاعين موازيين لِمُنَصِّف الزاوية المستوية (DB = BE) ساقطين في النقطتين D وE، يعطيان شعاعين منعكسين يتقاطعان في نقطة I من المنصِّف؛ ويبين الكندي عند ذاك أن النقطة I هي مركز الدائرة المحيطة بالمثلث DBE. وهكذا ينطلق الكندي من الخاصة البصرية في تساوي زوايا الانعكاس لِيُثبتَ خاصة هندسية. وهو هنا يحقق الهدف الذي حدده لنفسه في بداية كتابه وهو الإثبات الهندسي لكل ما يعرضه. كل شيء يجري إذن وكأن الكندي الذي يعرف خاصة هذه المرآة، كان يريد إثباتها بدقة.

بالمقابل، ينطلق ابن عيسى في نصه من الزاوية المستوية DBE مع BE = DB، ليتناول الدائرة المحيطة بالمثلث DBE والتي يقع مركزها I على المنصّف BH للزاوية. عند ذاك يستنتج معادلات بين الزوايا تسمح له أن يستخلص بأن الشعاعين FD وGE الموازيين للمنصف BH ينعكسان نحو النقطة I. وهكذا، ينطلق ابن عيسى من خاصة هندسية ليصل إلى خاصة بصرية. كل شيء يجري وكأن ابن عيسى بعد معرفة الشكل الهندسي، يسعى لتحديد نقطة التركيز المحرقي. وهكذا نرى جيداً أن الأمر يتعلق بالقضية نفسها المثبتة بواسطة الأفكار نفسها، والفارق الطفيف بين البرهانين يعود إلى الاختلاف بين هدف كل من العرضين.

والقضية التي يقدمها ابن عيسى بعد ذلك ليست سوى القضية العائدة للكندي التي وردت في مقطع مخطوطة اسطنبول. والمقارنة بين النصين لا تترك مجالاً لأي شك حول هذه النقطة. لِنَتَفَحَّصْ إذن الصيغة التي أعطاها ابن عيسى. فهو يتناول مرآة مقعرة يكون قوسها المولِّد FCG مساوياً لثلث الدائرة الكبرى ABCD؛ حيث CA هو محور المرآة. ويُبيِّن أن الأشعة، مثل الشعاع HF، الموازية للقطر EC، والتي تقع على محيط المرآة أي على الدائرة (L, LF) في مستوٍ عمودي على مستوي الشكل، تنعكس نحو النقطة C. وبكلمات أخرى، يبيّن ابن عيسى، في نص القضية كما عرضها في اقتباسه، ما يلي:

١) إذا كان HF شعاعاً موازياً للمحور، فإن القوس HF يشكل سدس الدائرة؛

الشكل رقم (٣ ـ ٢٣)



٢) إن الشعاع المنعكس الموافق للشعاع HF يُحَدِّدُ على الدائرة ABCD قوساً مساوياً للقوس HF؛

٣) غير أن القوس FC يشكل سدس الدائرة، بالتالي يكون FC هو الشعاع المنعكس؛

٤) إن الشعاع AC المار في مركز الكرة ينعكس على نفسه.

لنلاحظ أن الكندي قد أثبت الاستنتاجين ٢) و٤) على التوالي في القضيتين ٥ و٦أ من كتاب **في الشعاعات الشمسية**. بعد ذلك يتناول ابن عيسى جميع الأشعة الساقطة على القوس FC والمنعكسة في اتجاه G، وجميع الأشعة الساقطة على القوس GC والمنعكسة في اتجاه F. وبكلام آخر، يتناول أشعة متناظرة ثنائياً، كما هو الأمر في القضية ٦ ب من كتاب **في الشعاعات الشمسية**. ثم نقرأ: «فآخر شيء يتقاطع منها من جهة A على نقطة L، وآخر شيء يتقاطع منها من جهة C على نقطة C»؛ وهكذا يبرز ابن عيسى إذن دور القطعة المستقيمة CL ليستنتج أن تقاطع الأشعة المنعكسة هو الأكثر كثافة بالقرب من النقطة L. غير أن هذه الخلاصة لا ترد في قضايا كتاب **في الشعاعات الشمسية**.

ولكي نحدد بشكل أكثر دقة النتائج التي حصل عليها الكندي في مقطعه الذي أعاد ابن عيسى كتابته بشكل حرفي تقريباً، مع بعض الاختلافات الانشائية، لا بد لنا من أن نُذَكِّر بالخطوات التي اتبعها الكندي في كتابه **في**

الشعاعات الشمسية، عندما عالج موضوع المرايا الكروية المقعرة. فهو يبدأ بإثبات خصائص المرايا المقعرة. وهكذا يُبَيِّن في القضية الخامسة أن الشعاع الساقط على المرآة المقعرة، والشعاع المنعكس الموافق له يحددان في الكرة قوسين متساويين، وبالتالي وترين متساويين. وفي الجزء الأول أ من القضية ٦، يُبَيِّن أن الشعاع الوحيد الذي ينعكس على نفسه، من بين جميع الأشعة الساقطة في اتجاه معين، هو ذلك الذي يمر في مركز الكرة. وفي الجزء الثاني ب من القضية نفسها، يُبيِّن أن شعاعين متناظرين بالنسبة إلى محور المرآة يتقاطعان بعد انعكاسهما في نقطة واحدة من هذا المحور، وهذه النقطة مختلفة عن مركز الكرة. ويستنتج من ذلك أن كل شعاع موازٍ لمحور المرآة وساقط في نقطة من دائرة المرآة، يقطع المحور بعد انعكاسه في النقطة نفسها من المحور.

عند ذاك يُثْبِتُ القضية ٨ ومفادها أنه إذا كان قوس المرآة المقعرة ACB، الذي منتصفه C، مساوياً لثلث الدائرة الكبرى من الكرة التي تحد المرآة، فإن أي شعاع موازٍ لمحور المرآة وساقط على محيطها ينعكس ماراً بالنقطة C. ويثبت الكندي هذه القضية بسهولة بواسطة القضيتين ٥ و٦ب.

في الحقيقة، إن الكندي في هذه القضية لا يتناول جميع الأشعّة الساقطة على سطح المرآة، بل هذا الصنف فقط من الأشعة. فهو يواصل هذه الدراسة في القضيتين اللاحقتين أي التاسعة والعاشرة، حيث يدرس بالتفصيل موقع نقطة التقاء شعاع منعكس مع المحور، تبعاً لزاوية السقوط، وذلك في حالة قوس أقل من $\frac{\pi}{3}$ أو مساوٍ لهذه القيمة. واستناداً إلى هذه الدراسة، فإن الأشعة المنعكسة الموافقة للأشعة الشمسية الساقطة على كامل سطح المرآة التي يشكّل قوسها المولّد ثلث الدائرة، تلتقي بالمحور على القطعة المحددة بين مركز المرآة والنقطة C التي هي منتصف القوس، أي على القطعة LC، في الشكل السابق، المساوية لنصف EC.

إن مقابلة القضية الثامنة من كتاب **في الشعاعات الشمسية** مع القضية العائدة للكندي المحفوظة في المقطع وفي اقتباس ابن عيسى، تُظهِرُ تشابهاً مهماً بينهما. فالبرهان في الحالتين مبني على خاصة أثبتها الكندي في القضية الخامسة وعلى أخرى أثبتها في القضية السادسة. وهذا يعني أن الكندي في كتاب **في الشعاعات الشمسية** قد قام بما هو ضروري لإثبات القضية ٨، في حين أنه في المقطع، يختصر قليلاً ليتوجه نحو الهدف بشكل أكثر مباشرة؛

وهذا الهدف يتمثل في بناء مرآة كروية مقعَّرة. وهكذا، فإن الفكرة نفسها قد عولجت مرتين، والأسلوب يختلف قليلاً تبعاً للهدف المنشود.

هذه الطرق في الكتابة مألوفة عند الكندي، ليس في العلم فحسب بل في الفلسفة أيضاً. فقد رأينا كيف أنه كان يتناول مجدداً في كتابه **تقويم الخطأ** الأفكار التي طورها في مؤلف *De Aspectibus*. أما في الفلسفة، فإنه يكفي أن نذكر أنه قد تناول عدة مرات براهين متشابهة ليثبت نهائية جسم العالم[٤٤]. ولكن، قد يكون من المجازفة، في الحالة الراهنة لمعارفنا، أن نأخذ من هذا الافتراض حجة لتحديد زمن كتابة هـذا المقطع، أي زمن كتابة المؤلَّف الذي كان المقطع جزءاً منه، بالنسبة إلى زمن كتابة مؤلَّف **في الشعاعات الشمسية**. وبالنسبة إلى المثال السابق، فإننا نستطيع أن نزعم أن المقطع هو ملخص لهذا القسم من كتاب **في الشعاعات الشمسية**، كما نستطيع أن نزعم أن هذا القسم هو تطوير للمقطع.

بالمقابل، فإنه من المؤكد أن ابن عيسى قد اطلع على أحد مؤلفات الكندي، حيث، بعد أن يدرس هذا الأخير بناء مرآة زوجية السطح، ينتقل إلى دراسة بناء المرآة الكروية المقعرة. ومن بين المؤلفات التي وصلتنا، يبدو أن هذا المؤلَّف هو على أرجح الاحتمالات **في عمل المرايا المحرقة**. لكن المؤلَّف الذي اطلع عليه ابن عيسى، سواء أكان **في عمل المرايا المحرقة** أم كان كتاباً آخر، ينبغي أن يتضمن بناءً لمرايا أخرى، ذلك أنه لا يوجد أي سبب ليوقف الكندي دراسته عند المرايا الكروية المقعرة. لكننا في هذا المجال لا نستطيع أن نؤكد شيئاً، بل إننا نقدّم افتراضات، تبقى مهما كانت قويّة رهناً باكتشاف جديد للنصوص.

ب ـ استعارة لابن عيسى من مؤلف الكندي: المرآة المحرقة المخروطية

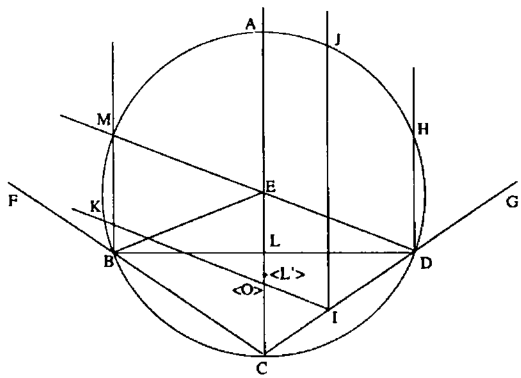
لقد رأينا للتو أن ابن عيسى قد استعار قضيتين بالترتيب من هذا المؤلَّف الذي لم يتم العثور عليه حتى الآن. والسؤال هو هل أدخل ابن عيسى في هذا الفصل المقتبس قضايا أخرى من المؤلَّف؟ إن هذا السؤال يفرض نفسه. ألم

(٤٤) انظر كتاب **تقويم الخطأ**، الملاحظات الإضافية، ص ٣١٥ من هذا الكتاب.

نبيّن أنه أدخل في عمله المقتبس خُمْسَ كتاب **تقويم الخطأ**؟ والطريقة الوحيدة للإجابة عن هذا السؤال تكمن في متابعة دراسة القضايا المختلفة التي تؤلف هذا الفصل نفسه لابن عيسى، مع مقارنتها بالقضايا التي نعرفها والعائدة للكندي، أي القضايا الواردة في كتاب **في الشعاعات الشمسية**.

وتأتي النتيجة الأولى لتؤكد ظننا، فالقضية التالية، أي الثالثة، في فصل ابن عيسى هي قريبة جداً من القضيتين التاليتين في كتاب **في الشعاعات الشمسية**، أي الثالثة والرابعة. فضلاً عن ذلك، تبدو قضية ابن عيسى هذه كاستعادة سريعة إلى حد ما، لقضيتي الكندي. وهنا يكمن مَفْصِل مهم في عرضنا هذا، سنبيّنه بالتفصيل في ما يلي. تتناول قضية ابن عيسى موضوع بناء مرآة مخروطية. لذلك يأخذ مثلثاً متساوي الساقين كنموذج لمرآة مخروطية محورها AC. ليكن ACD هذا المثلث. ويأخذ الدائرة التي تحد المرآة المخروطية والتي محورها AC وقطرها BD. والنقطة E هي مركز الدائرة BCD. واستناداً إلى القضية الأولى، فإن أي شعاع موازٍ للمحور AC، ساقطٍ في نقطة من هذه الدائرة، ينعكس نحو النقطة E من المحور AC. ليكن HD أحد هذه الأشعة؛ وهو ينعكس وفق DE. إن أي شعاع مثل JI ساقط على CD بشكل موازٍ لـِ AC ينعكس وفق خط مستقيم IK موازٍ لـِ DE؛ IK يقطع AC في نقطة O من القطعة المستقيمة CE. وكذلك كل شعاع موازٍ لـِ AC ساقط على CB ينعكس بشكل موازٍ لـِ BE ويلتقي بالمحور. وهكذا، فإن الأشعة المنعكسة على السطح المخروطي في جميع نقاط دائرة، محورها هو محور المخروط، تلتقي بهذا المحور في نقطة من القطعة المستقيمة CE. ومن البديهي أن هذه النقطة تتعلق بالدائرة المأخوذة في البداية.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٤)



لنلاحظ أن ابن عيسى يفترض في المقطع الأخير من النص أن المنتصف L للقوس BD هو أيضاً المنتصف L' للشعاع EC؛ وهذا ليس صحيحاً إلا في الحالة الخاصة حيث يكون: BC = CD = CE؛ عند ذاك يكون القوس BCD مساوياً لثلث الدائرة.

هذه القضية، كما تظهر في اقتباس ابن عيسى، هي مخصصة لبناء مرآة مخروطية محورها EC ونموذجها EBCD. ويُبيِّن ابن عيسى، كما رأينا، أن أي شعاع موازٍ للمحور مثل الشعاع JI الساقط على DC ينعكس بشكل موازٍ لـِ DE؛ ويبيِّن كذلك أن أي شعاع موازٍ للمحور وساقط على CB ينعكس بشكل موازٍ لـِ BE، ويستنتج من ذلك دون أي تبرير آخر:

> «فأكثف المواضع.... الواقع عليه هذه الشعاعات المقاطع بعضها بعضاً، فعلى السطح الذي يفصل جـ هـ بنصفين...، وثم يكون إحراق المرآة المحرقة وهو ربع قطر المسطرة التي تُعمل المرآة منها».

ويتابع ابن عيسى نصه:

> «فقد تبين كيف تنعكس الشعاعات وتتقاطع جميعاً على سطح واحد مستدير، وتبين أيضاً نسبة بُعد السطح من مركز الدائرة إلى ضلع المرآة على الخط الخارج من مركزها إلى محيطها؛ وذلك ما أردنا بيانه»[٤٥].

ينبغي أن نشير إلى أن هذه الخلاصات لا تنتج مباشرة مما سبق، كما أنها لم تُثْبَتْ من جديد. ولكن الكندي قد أثبتها تحديداً في القضيتين ٣ و٤ من كتاب **في الشعاعات الشمسية**. وهكذا نجد أنفسنا إلى حد ما في وضع مماثل للوضع الذي وُجدنا فيه بالنسبة إلى القضية ٢ من نص ابن عيسى. والاحتمال ضئيل أن يكون هذا الأمر مجرد مصادفة.

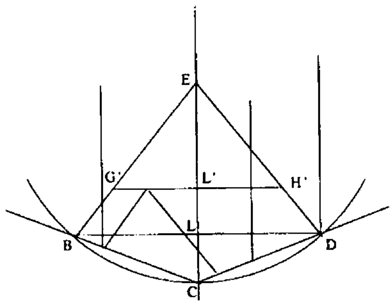
لقد أثبت الكندي، في الواقع، في القضية ٣ من مؤلفه **في الشعاعات الشمسية** أن في كل نقطة من القطعة G'H' المحددة على مُنَصِّف القطعة CE بالشعاعين BE وDE، يتقاطع شعاعان منعكسان موافقان لشعاعين موازيين

---

(٤٥) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

للخط المستقيم EC، أحدهما ساقط على الوجه BC والآخر على الوجه CD (الشكل رقم (٣ ـ ٢٥)). ويستنتج من ذلك في القضية ٤ من المؤلف نفسه أن في كل نقطة من الدائرة التي مركزها L' والمستحدثة على المستوي المنصِّف لـِ EC بواسطة دوران القطعة $G'H'$، يتقاطع شعاعان منعكسان على السطح المخروطي. إذاً، على هذه الدائرة التي قطرُها $G'H'$ توجد، كما يكتب الكندي، «أشد مواضع الشعاعات المنعكسة عن المرآة حراً». ثم يتناول الكندي الأشعة الموازية للخط EC الساقطة على الدائرة المستحدثة بالنقطة B والتي تنعكس مارة بالنقطة E، وذلك استناداً إلى القضية ١. ويريد عند ذاك حساب المسافتين LE وCE آخذاً بالاعتبار شعاع المرآة BL وعمقها LC. وقد رأينا أن حسابه غير صحيح. أخيراً، نقرأ في نص ابن عيسى أنه أجرى حساب النسبة $\frac{L'L}{L'C}$ في حالة $L \neq L'$.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٥)



وهذا الحساب، الذي لا يرد أيضاً في النص، هو في النمط الذي نجده في القضية ٤ من كتاب **في الشعاعات الشمسية** للكندي. ونعيد كتابته في الحالة التي تثير اهتمامنا هنا، فنضع $CD = N$، وهو الخط المولد للمخروط، كما نضع $LC = P$. فنحصل على:

$$CE = \frac{N^2}{P} \text{ ،} CL' = \frac{1}{2}CE = \frac{N^2}{4P} \text{ و } L'L = CL' - P = \frac{N^2 - 4P^2}{4P}.$$

فيكون لدينا:

$$\frac{L'L}{L'C} = \frac{N^2 - 4P^2}{N^2}.$$

إن المقارنة بين كتاب **في الشعاعات الشمسية** ونص ابن عيسى في موضوع المرآة المخروطية يذكرنا بالوضع الذي وجدنا أنفسنا فيه عندما قرأنا القضية التي تتناول المرآة الكروية المقعرة، مع فارق هذه المرة وهو أننا لا نملك نصاً نستشهد به، كمقطع مخطوطة اسطنبول. وقد استطعنا أن نبيِّن أن الكتابتين تتجهان نحو هدف واحد، وتعطيان النتائج نفسها، وتتبعان الطرق نفسها. فضلاً عن ذلك، رأينا أن ما ينقص في نص ابن عيسى موجود في كتاب **في الشعاعات الشمسية**. وفي هذا الكتاب يبين الكندي خطوة خطوة خصائص هذه المرآة. أما نص ابن عيسى فإنه يقوم ببعض الاختصارات، ويهمل بعض الإثباتات. لذلك يبدو أن نص ابن عيسى صادر عن هذا المؤلف نفسه العائد للكندي، والذي سبق واستعار منه ابن عيسى القضايا التي تتناول بناء مرآة زوجية السطح وبناء مرآة كروية.

بعد هذه القضية الأخيرة حول المرآة المخروطية نجد أيضاً عدة قضايا مخصصة للمرايا المحرقة. إلا أن العرض يتبدل من حيث الطبيعة والأسلوب، والمنهج يصبح أكثر غموضاً، متناقضاً أحياناً، أو أنه يصبح مجرد شرح وصفي في أحيان أخرى. هنا، حتى وإن كانت المقارنة ممكنة مع الكندي فإن مثل هذه المقارنة ستكون على درجة من الضعف تمنعنا من القيام بها ولو على سبيل التخمين. ولنفسر هذا الأمر، وإن كان ذلك يبعدنا بعض الشيء عن الكندي.

تتناول القضايا الثلاث التالية في نص ابن عيسى ـ أي ذات الأرقام ٤ و٥ و٦ ـ موضوع المرآة المقعرة. وتبيِّن القضية الرابعة كيفية اختيار نموذج لمرآة مقعرة بحيث تُحرِق في نقطة واقعة على مسافة معينة. وهذه مسألة تقليدية شغلت جميع الذين اهتموا بموضوع المرايا المحرقة، ابتداءً بأنتيميوس الترالّي على الأقل. إلا أن نص القضية مشوش جداً، والشكل غير صحيح(٤٦)، والاثنان يتناقضان دون أن نستطيع أن ننسب ذلك إلى الناسخ. بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود الفعل «صاك» (أي لصق)، عند الحديث عن شعاع شمسي أو بصري، يدعونا إلى الحذر، لأنه تعبير لا ينتمي إلى مفردات الكندي. وتعالج القضية التالية، أي الخامسة، موضوع استخدام مرآتين مقعرتين للحصول

(٤٦) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٥٣ من هذا الكتاب.

بواسطة الأشعة الشمسية على إحراق في اتجاه المرآة الأولى. وما يرد في هذه القضية هو وصف بسيط، دون أية محاولة للإثبات، وهذه ممارسة غريبة عن الكندي. بالإضافة إلى ذلك، إن هذا الوصف البسيط لما يمكن تحقيقه لا يهتم إطلاقاً بتحديد موقع محور المرآة الأولى بالنسبة إلى موقع الأشعة الشمسية. في القضية السادسة يريد ابن عيسى استنتاج قوانين الانعكاس على مرآة كروية مقعرة أو محدبة من قوانين الانعكاس على مرآة مستوية. لا يتعلّق الأمر إذن بقضية مخصصة لبناء مرآة محرقة، كما أن القضيتين السابقتين ليستا مخصصتين لذلك، فالقضية السادسة هي على الأكثر قضية تمهيدية.

بالمقابل، تتناول القضية السابعة موضوع بناء مرآة محرقة مؤلفة من مرآة مقعرة ومن أخرى مخروطية. إلا أن هذه القضية، تُشْبِهُ جزئياً على الأقل، القضية الحادية عشرة من كتاب **في الشعاعات الشمسية**. مع ذلك تبقى هناك بعض الفروقات، بالإضافة إلى طريقة معينة في صياغة المسألة، وهذا ما يدعونا إلى الحذر عندما نظن أن القضية السابعة عند ابن عيسى قد تكون مأخوذة من كتاب الكندي **في عمل المرايا المحرقة**.

تظهر القضية السابعة من كتاب ابن عيسى بصيغة مشابهة لما يلي: بناء مرآة محرقة تحرق إلى الأمام وإلى الخلف. والصياغة نفسها تذكرنا بتلك التي نجدها في التقليد الهلينستي المتأخر في مجال انعكاس الضوء، أو حتى في التقليد العربي، لكننا لا نجدها في النصوص التي تعالج موضوع المرايا المحرقة. والقضية التالية ـ أي الثامنة، التي تصدر عن تقليد أقليدس المزعوم (De Speculis) ـ تؤكد هذا الانطباع:

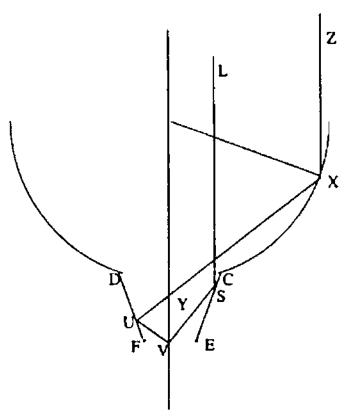
يأخذ ابن عيسى مرآة مقعرة محددة بالقوس AB ذي المحور OI، ونقطتين C وD متناظرتين بالنسبة إلى محور هذا القوس. وينزع جزء المرآة المطابق للقوس CD، ويستبدله بمرآة مخروطية قاعدتها الدائرة التي قطرها CD. تنعكس بعض الأشعة مثل GH وKJ على المرآة المقعرة وتلتقي في النقطة I من الجهة الأمامية للمرآة؛ وتسقط بعض الأشعة الأخرى مثل MN وLS على المرآة المخروطية وتنعكس وتلتقي في النقطة O خلف المرآة المقعرة[٤٧].

(٤٧) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٦٥ من هذا الكتاب.

لنعد الآن إلى كتاب **في الشعاعات الشمسية**. في القضية ١١ من هذا الكتاب يُبيِّن الكندي أن الأشعة، مثل الشعاع ZX، التي تكون زاوية سقوطها $i < \frac{\pi}{3}$، تنعكس نحو النقطة Y من المحور الخارجي للكرة، وهي تلتقي بالمحور إذا أحدثنا فتحة كافية بِنَزْعِ قبةٍ كرويةٍ.

لنلاحظ مع ذلك أن الكندي لا يأخذ مرآة مخروطية ليستبدل بها هذه القبة. ومن جهته، لا يشير ابن عيسى في نصه إلى الأشعة، مثل الشعاع ZX، المنعكسة وفق XY، والتي تقع على المرآة المخروطية في U لتنعكس وفق UV الأشعة التي تثير اهتمام الكندي أكثر من غيرها. فضلاً عن ذلك، من الواضح أنه إذا أخذنا بعين الاعتبار، في آن واحد، الأشعة التي تسقط مباشرة على المرآة المخروطية، مثل الشعاع LS، والأشعة التي تصل بعد الانعكاس على المرآة المقعرة، مثل الشعاع XU، فإننا نحصل على إحراق أكثر شِدَّةً في النقطة V من المحور. لكن هذه الفكرة لم تطرأ على بال كاتب نص ابن عيسى إلا إذا كان هناك ثغرة في هذا النص.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٦)



إن الاختلافات العديدة بين نص القضية ٧ لابن عيسى ونص القضية ١١ من كتاب **في الشعاعات الشمسية** تدفعنا إلى الامتناع عن أي حكم وإلى التوقف عن أي تخمين. لنلاحظ فقط أن نص ابن عيسى إبتداءً من القضية ٤

يتغير من حيث الطبيعة والأسلوب إلى درجة لا نستطيع معها جِدّياً اعتبار كتاب الكندي **في عمل المرايا المحرقة** مصدراً لهذا النص. لكن يبدو جيداً أن القضايا الثلاث الأولى من نص ابن عيسى تضعنا على آثار كتاب الكندي هذا. ولنلاحظ في النهاية أن هذا النص يتواصل بِعرْضٍ لقضية حول الإحراق من خلال عدسة بواسطة الانعكاس وحده، وبعرض آخر لاقتباس طويل لنص حول المرآة الإهليليجية وفق أسلوب أنتيميوس الترالي(٤٨).

٢ ـ اختلاف المناظر في المرايا: الكندي أو قسطا بن لوقا

بعد الدراسة السابقة للخصائص الإحراقية للمرايا في الفصل نفسه لابن عيسى وتحت العنوان نفسه دراسة لبعض الخصائص الانعكاسية لبعض تلك المرايا. وهذا الأمر يستدعي اهتماماً خاصاً، ذلك أن المسألة التي تحدد طابع هذا الفصل بأكمله تتعلق أيضاً بالرؤية بواسطة الانعكاس على بعض المرايا المحرقة. لنلاحظ على الأقل من وجهة النظر هذه، أن الحواجز، في القرن التاسع، إن لم يكن قبل ذلك الوقت، بين المرايا المحرقة وعلم انعكاس الضوء لم تكن غير قابلة للاجتياز إلى هذا الحد. وهذا ما يثبته كتاب ابن لوقا، وما يؤكده، من بَعْدِه، اقتباس ابن عيسى. وهذا الفاصل بين ميدانين، والذي اعتبره بعض المؤرخين مُحكَماً، يستحق الدراسة. لكن، وهذه المرة أيضاً، لا نستطيع تجنُّب طرح مسألة نسبة نص ابن عيسى في هذا الفصل؛ فهل هو إسهام خاص به، أم أنه تحريف لأحد نصوص الكندي؟ والشك هنا ليس نتيجة لقاعدة نعتمدها في طريقة التحليل، بل هو نتيجة لاستقراء بسيط. ذلك أن ابن عيسى قد نهل كثيراً من أعمال الكندي، بحيث يصعب علينا أن نستبعد مسبقاً هذا الاحتمال عندما يتعلق الأمر بهذا الفصل. فقد رأينا أن الفصل يبدأ تحديداً باستعارة من أحد كتب الفيلسوف، والاحتمال كبير بأن يكون هذا الكتاب هو **في عمل المرايا المحرقة**. فهل استمر ابن عيسى على اندفاعته، فاستعار بقية الفصل من هذا الكتاب نفسه العائد للكندي، أم من كتاب آخر مثل **في اختلاف مناظر المرآة**، أو أيضاً من كتاب منسوب إلى ابن لوقا؟ في الحالة **الأولى**، نحصل على كتاب في المرايا المحرقة، حيث تتم أيضاً معالجة

---

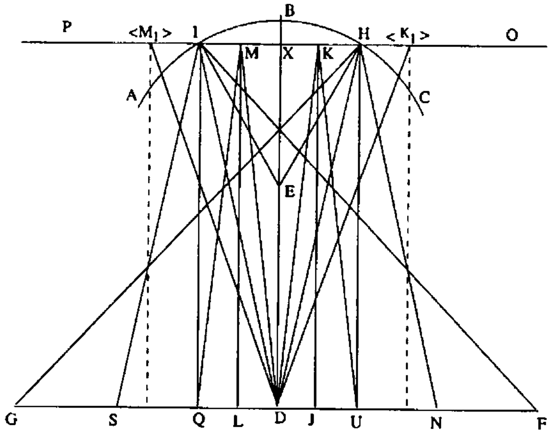
(٤٨) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٦٦ ـ ٥٧١ من هذا الكتاب.

خصائص انعكاس الضوء على هذه المرايا، وذلك يعني عندئذ أن هذا الكتاب يمثل قطعاً مع معظم الكتابات المعروفة ضمن التقليد المكتوب في موضوع المرايا المحرقة؛ وهذا احتمال ينبغي علينا عدم استبعاده. أما الحالة **الثانية**، فهي لا توحي لنا بأي حل، طالما أنه لم يصلنا شيء من كتاب الكندي **في اختلاف مناظر المرآة**. ولا نعرف منه سوى العنوان الذي ذكره المفهرسون القدامى، لكننا وحتى الوقت الحالي لم نجد أي أثر منه. وعمل الكندي هذا، وهذا ما قد لوحِظ دون شك، يحمل عنواناً مشابهاً لعنوان كتاب ابن لوقا الذي وصل إلينا. فهل وضع ابن لوقا كتاباً على مثال مؤلف الكندي؟ هذه الأسئلة تعكس جهلنا وحيرتنا، ذلك أننا من كتابيْ الكندي الضائعين كشفنا حتى الآن بضعة آثار من الأول، أما من الثاني فإننا لا نملك أي أثر. والنور الوحيد الخارج من هذه الظلمات يأتينا من كتاب ابن لوقا الذي وصل إلينا. وابن لوقا، المعاصر للكندي والمتعاون معه، يستطيع مساعدتنا ليس فقط في حل المسائل السابقة، بل أيضاً في تحديد الدور الصحيح لابن عيسى في كتابة الجزء الثاني من هذا الفصل، وبالتالي يساعدنا في صياغة بعض التخمينات المبرَّرة. وكما نذكر، كان ابن عيسى يطمح في هذا الجزء إلى تحديد «العلة التي لها. . . . نرى الوجه في المرآة المحرقة عظيماً جداً». لنتفحص إذن العلاقات بين الأجوبة التي يعطيها ابن عيسى والأجوبة التي يقترحها ابن لوقا.

أ ـ المرآة الكروية المقعرة والمرآة المستوية

«فنريد أن نبين الآن أن المرآة المحرقة تُري الأجسام فيها أكبر من قدرها». هكذا يبدأ الجزء الثاني من هذا الفصل. إذاً، يأخذ ابن عيسى الجزء HBI من مرآة كروية مقعرة ويأخذ المرآة المستوية المحددة بالقطعة HI. ويدرس في هذا النص فقط الحالة التي تكون فيها العين D على المحور EB للمرآة المقعرة ABC، وحيث النقطة E هي مركز الكرة؛ ويفترض $BD > BE$. وبالاستناد إلى قوانين الانعكاس على المرآة المقعرة والمرآة المستوية، يبين ابن عيسى كيفية بناء قطعتين من الخط المستقيم العمودي على EB في النقطة D، وهاتان القطعتان تُريان من النقطة D بزاوية HDI.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٧)

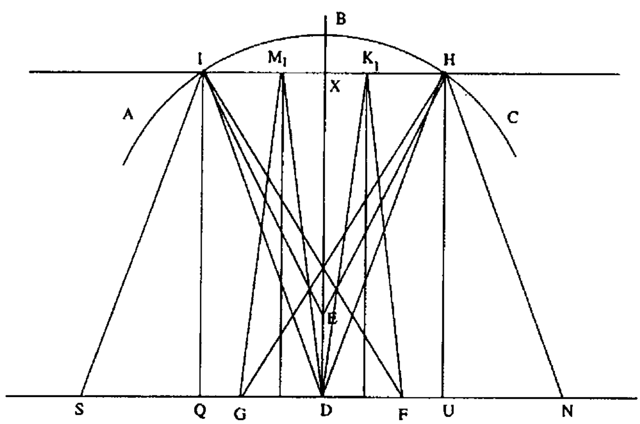


ويُرى NS في المرآة المستوية، وFG في المرآة المقعرة. في حالة الشكل رقم (٣ ـ ٢٧) الذي يعالجه النص، يكون لدينا:

(١) $\quad FG > NS$.

غير أننا نستطيع الحصول على $FG < NS$، إذا حافظنا على الفرضية $BD > BE$، وإذا كانت النقطة D قريبة بما فيه الكفاية من E (الشكل رقم (٣ ـ ٢٨)).

الشكل رقم (٣ ـ ٢٨)



ينطلق ابن عيسى بعد ذلك من العلاقة (١) ليبني الزاوية التي ترى بها العين الموجودة في النقطة D القطعة FG في المرآة المستوية. لذلك كان ينبغي رسم مُنَصِّف DG ومُنَصِّف DF، فنحصل على النقطتين M_1 وK_1 عوضاً من النقطتين M وK اللتين حصل عليهما الكاتب عندما أخذ المنصفين DQ وDU، وهذا ما لا فائدة منه لأن النقطتين U وQ تستخدمان فقط لبناء الشعاعين المنعكسين HN وIS.

في حالة الشكل رقم (٣ ـ ٢٧)، وهو الشكل الوحيد الذي درسه الكاتب، يكون لدينا: $M_1\widehat{D}K_1 > I\widehat{D}H$.

والقطعة نفسها FG التي ترى في المرآة المقعرة بزاوية IDH تبدو «أصغر قدراً» في المرآة المستوية حيث ترى بزاوية M_1DK_1.

في حالة الشكل رقم (٣ ـ ٢٨)، لدينا: $M_1\widehat{D}K_1 > I\widehat{D}H$، والقطعة FG تظهر في المرآة المقعرة «أعظم قدراً» مما هي في المرآة المستوية.

إن استنتاج النص هو إذن صحيح في حالة الشكل رقم (٣ ـ ٢٨)، لكنه غير صائب في حالة الشكل رقم (٣ ـ ٢٧). وفي مقطع أخير، ومن دون أي تبرير، يذكر الكاتب أن «مثل ذلك يَعْرُض» (يحصل) إذا كانت العين في وضع D حيث $BX < BD < BE$، والنقطة X هي منتصف HI.

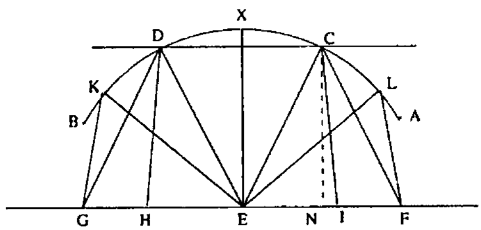
وهذه الحالة بالذات قد درسها ابن لوقا في القضية ٢٤ من مؤلَّفه **في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر**. وقد طرح المسألة نفسها: «لأية علة ترى صورة الوجه في المرآة المقعرة أعظم من مقدارها الحقيقي؟» وهذه المسألة المرتبطة فقط بانعكاس الضوء، قد أتت في الكتاب، وهذا ما نشدِّد عليه، بعد ملاحظة موجزة حول الخاصة الإحراقية لهذه المرآة. وقبل القضية ٢٤ بسبع قضايا، أي في السابعة عشرة، يقترح ابن لوقا، من بين طرق أخرى يمكن استخدامها لكي «نمتحن» تقعر المرآة الكروية المقعرة، طريقة لتقدير قوة الإحراق لهذه المرآة، فيكتب: وذلك أن كل مرآة مقعرة تقعيراً كرياً تحرق، إلا أن إحراقها يختلف في المسافة التي تحرق عليها وفي السرعة والإبطاء. وأما اختلاف مسافة الإحراق فمن قِبل اختلاف التقعير؛ وذلك أنه إذا كان التقعير كبيراً، كان الإحراق على مسافة قريبة، وإذا كان التقعير قليلاً، كان الإحراق على مسافة بعيدة. وأما اختلاف الإحراق في

السرعة والإبطاء، فيكون من قِبل صحة التقعير وفساده. وذلك لأنه إن كان صحيحاً كان الإحراق سريعاً، وإن كان غير صحيح كان الإحراق بطيئاً[٤٩].

لنلاحظ مرة أخرى أن عالِم القرن التاسع لا يتردَّد، في كتابِ عن انعكاس الضوء، في ذكر الخصائص الإحراقية للمرايا، ولقد قام بذلك باقتضاب. وربما يعود هذا إلى أنه قد خصص كتاباً آخر للمرايا المحرقة. هذا ما يخبرنا إياه المفهرسون[٥٠].

لنعد إلى القضية ٢٤، ولنحافظ على أحرف التأشير الخاصة بها. فنسمّي O مركز الكرة، وX مركز المرآة المقعرة، وE موقع العين بحيث يكون $XE < XO$.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٩)



في هذه الحالة، من الزاوية نفسها CED، ترى العين الواقعة في E القطعة FG في المرآة المستوية والقطعة HI في المرآة المقعرة؛ ويكون لدينا $HI < FG$.

---

(٤٩) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٥٢٩، السطر ١٣ ـ ١٩ من هذا الكتاب.

(٥٠) في الواقع، ينسب إليه القفطي كتاباً هو **في المرايا المحرقة**. انظر: القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، ص ٢٦٣. نشير من جهة أخرى إلى أن قسطا بن لوقا نفسه يذكر مثال المرايا المحرقة كموضوع مميّز بالطريقة نفسها التي يذكر فيها السباعي المنتظم وأعمال بني موسى. انظر: Ali Ibn Yahya Ibn al-Munajjim, *Une Correspondance islamo-chrétienne entre Ibn al-Munaggim, Hunayn Ibn Ishaq et Qusta Ibn Luqa,* introduction, édition, divisions, notes et index par Khalil Samir; introduction, traduction et notes par Paul Nwyia, patrologia orientalis; t. 40, fasc. 4 = no. 185 (Turnhout, Belgique: Brepols, 1981), p. 674.

لكي نرى FG في المرآة المقعرة، نحتاج إذن إلى زاوية أكبر من CED، أي مثل الزاوية LEK، وذلك لكي ينعكس LE وفق LF وينعكس EK وفق KG. يجب إذن أن نجد L بحيث يكون OL منصف الزاوية LEK؛ ونحصل عندئذ على K بواسطة التناظر. لكن هذا البناء الأخير للنقطتين L وK لا يشير إليه ابن لوقا.

وبما أن $\widehat{LEK} > \widehat{CED}$، فإن القطعة نفسها FG تظهر «أعظم» في المرآة المقعرة مما هي عليه في المرآة المستوية:

لقد رأينا للتو أن قسطا بن لوقا في هذه القضية، أي الرابعة والعشرين، يعالج موضوع المرآة المستوية والمرآة المقعرة. أما في القضية رقم (26)[٥١] فهو لا يتناول سوى المرآة المقعرة، ويبين أن القطعة التي تُرى في هذه المرآة، عندما تتحرك العين على محور المرآة، يكون مقدارها «متزيِّد الصِّغَر» عندما تكبر المسافة بين العين والمركز X للمرآة، مع بقاء هذه المسافة أصغر من شعاع الكرة. ويتناول قسطا بن لوقا الحالة التي تكون فيها المسافة أكبر من شعاع الكرة في القضية رقم (32). لنلاحظ أنه تناول هذه الفرضية نفسها في القضية رقم (30) في مسألة أخرى مغايرة تماماً[٥٢].

إن مقارنة نص ابن عيسى ونص قسطا بن لوقا تُبيِّن إذن أنه في الجزء الأوّل من كل منهما يسعى كل من الكاتبين لتحديد القطعتين اللتين تُريان بالزاوية نفسها في المرآة المستوية وفي المرآة المقعرة. والطريقة هي نفسها عند الكاتبين. أما في الجزء الثاني في كل من النصين، فإن الفكرة تتمثل في مقارنة الزاويتين اللتين بهما نرى القطعة نفسها في المرآة المستوية وفي المرآة المقعرة. ينطلق ابن عيسى في نصه من الزاوية التي بها تُرى القطعة في المرآة المقعرة، ويعطي طريقة بسيطة لبناء الزاوية التي ترى بها القطعة في المرآة المستوية. وقد لاحظنا في هذا المكان وجود خطأ في البناء يتبعه تناقض. وبالمقابل، ينطلق قسطا بن لوقا من الزاوية التي بها تُرى قطعة في المرآة المستوية، ويشير إلى إمكانية تحديد الزاوية التي بها تُرى هذه القطعة في المرآة المقعرة. ويعطي الموقع التقريبي لهذه الزاوية، لكنه لا يقدم لها بناءً هندسياً.

---

(٥١) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٤٨٣ من هذا الكتاب.

(٥٢) انظر لاحقاً.

وهكذا نجد أنفسنا أمام وضع فريد إلى حد ما، فنص ابن عيسى ونص ابن لوقا قريبان جداً، دون أن يكونا متماثلين. ويبدوان تقريباً كتطويرين ينطلقان من مصدر واحد، أي كتابتين انطلاقاً من مؤلِّف واحد. لكن، وقبل أن نقترح أي تخمين، لنتابع دراسة موضوع المرايا الأخرى، الذي ناقشه ابن عيسى في الفصل نفسه.

ب ـ المرآة المحدبة والمرآة المستوية

بعد دراسة المرآة المقعرة، نقرأ في كتاب ابن عيسى ما يلي:

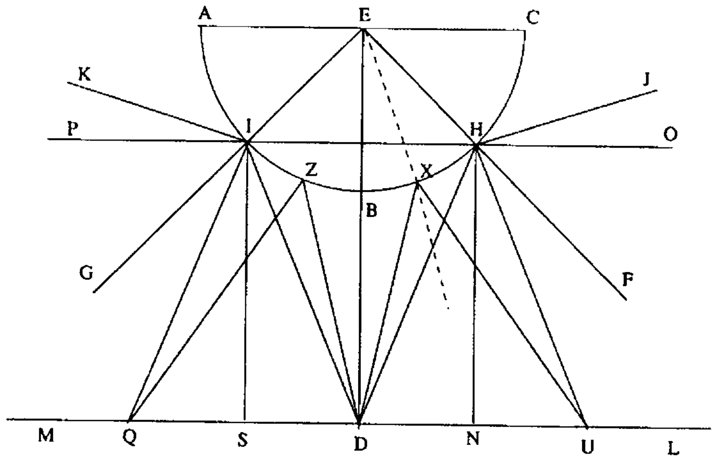
«ونبيّن أيضاً أن المرآة المقببة، أعني التي سطحها الذي يُري الأشياء كسطح قطعة كرة، تُري الأجرام أصغر قدراً مما تُرى في المرايا المعتدلات السطوح من العلامات التي <يكون> بعدها من البصر بعداً واحداً إذا كانت أقطار المرايا موازية أقطار المبصرات ويكون قطر المرآة المعتدلة هو مثل قطر المرآة الكرية السطح»(٥٣).

يأخذ ابن عيسى إذن مرآة محدبة ABCD، والنقطة E هي مركز كرتها. ويأخذ من هذه المرآة القسم المحدد بالدائرة التي قطرها HI، ويأخذ أيضاً المرآة المستوية المحددة بهذه الدائرة. العين هي في النقطة D على المحور BE المشترك للمرآتين. ومستوي المرآة هو المستوي PO. يبدأ ابن عيسى ببناء الشعاعين المنعكسين على كل مرآة والموافقين للشعاعين الساقطين DH وDI؛ على المرآة المستوية نحصل على HU وIQ، حيث تقع النقطتان U وQ على الخط المستقيم ML العمودي في النقطة D على المحور EB؛ وعلى المرآة المحدبة نحصل على HJ وIK. وهكذا نرى القطعة UQ بزاوية HDI في المرآة المستوية، في حين أنه في المرآة المحدبة، وهي الحالة التي يتناولها الشكل، لا تلتقي الأشعة المنعكسة بالخط المستقيم ML. ولا يشير ابن عيسى إلى ما يُرى انطلاقاً من D في المرآة المحدبة (نرى الخط المستقيم LM بأكمله).

---

(٥٣) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٧٤، السطر ١٧ ـ ٢١ من هذا الكتاب.

الشكل رقم (٣ ـ ٣٠)



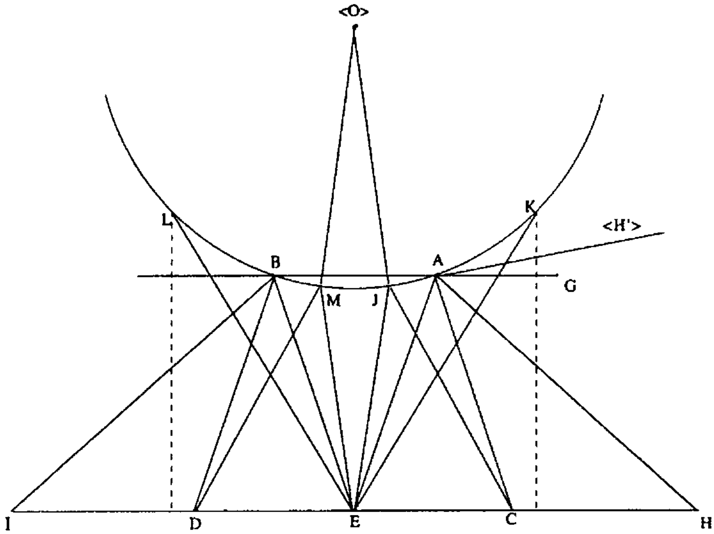
لكي يلتقي شعاع خارج من D، بعد انعكاسه على المرآة المحدبة، بنصف الخط المستقيم DL، عليه أن ينعكس في نقطة ما بين B وH. يأخذ ابن عيسى نقطة X بحيث ينعكس الشعاع DX وفق XU؛ ويأخذ أيضاً النقطة Z بحيث ينعكس الشعاع DZ وفق ZQ، لكن من غير أن يشير إلى كيفية بناء النقطتين X وZ. يكون لدينا بالتالي $\widehat{HDI} > \widehat{XDZ}$، لذلك تُرى القطعة UQ نفسها في المرآة المستوية أكبر ما هي عليه في المرآة المحدبة.

يطرح قسطا بن لوقا المسألة نفسها في القضية رقم (23) من كتابه، في حالة الشكل الذي تلتقي فيه جميع الأشعة المنعكسة بالخط المستقيم المار بالعين والعمودي على المحور.

لنتناول الشكل عند ابن لوقا مع المحافظة على أحرف التأشير فيه. النقطة E هي موقع العين؛ القطعة DC تُرى في المرآة المستوية بزاوية AEB، والقطعة HI ترى في المرآة المحدبة بالزاوية نفسها؛ ويكون لدينا $HI > DC$.

إذا أردنا رؤية القطعة CD في المرآة المحدّبة، يجب تحديد نقطة J ونقطة M على القوس AB، بحيث ينعكس الشعاعان EJ وEM على التوالي وفق JC وMD. وتكون الزاوية JEM أصغر من الزاوية AEC، لذلك تُرى القطعة CD في المرآة المحدبة أصغر مما هي عليه في المرآة المستوية.

الشكل رقم (٣ ـ ٣١)



تُظهر المقارنة بين دراسة ابن عيسى ودراسة قسطا بن لوقا أن الاختلاف الوحيد الحقيقي يَخصُّ موقع العين بالنسبة إلى المرآة. وهذا الموقع هو الذي أدى في الجزء الأول من المسألة إلى عدم حصول مؤلِّف نص ابن عيسى على قطعة تُرى في المرآة المحدّبة بزاوية HDI.

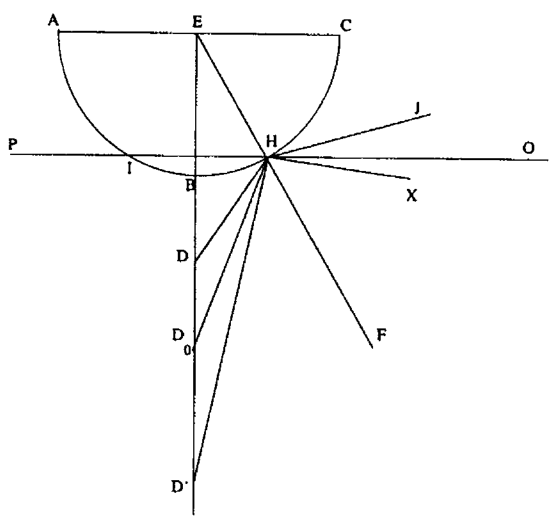
وفي الجزء الثاني ينطلق الكاتبان من القطعة التي تُرى في المرآة المستوية بزاوية معطاة، هي HDI في نص ابن عيسى وAEB في نص قسطا بن لوقا، ويبحثان عن الزاوية التي بها تُرى القطعة نفسها في المرآة المحدبة. ويعطي الاثنان موقعاً تقريبياً لهذه الزاوية، لكن دون أن يقدم أحد منهما بناءً هندسياً. في هذا المجال تبرز ملاحظتان. تتعلق الأولى منهما بهذا البناء، والثانية بمسألة موقع العين.

لنلاحظ أنه إذا كنا نعرف كما يعرف ابن لوقا القطعة HI التي تُرى من النقطة E في المرآة المحدبة بزاوية AEB، فإننا نستطيع بناء الزاوية التي بها تُرى القطعة نفسها في المرآة المستوية، وذلك بالطريقة المبيّنة من نص ابن عيسى بالنسبة إلى المرآة المقعرة. ولهذه الغاية، نرسم مُنَصِّفَيْ EH وEI، اللذين إن يقطعا المرآة المقعرة في K وL؛ تُرَ القطعة HI في المرآة المستوية بزاوية KEL وفي المرآة المحدبة بزاوية AEB؛ فيصبح لدينا $\widehat{AEB} < \widehat{KEL}$.

لذلك تُرى القطعة HI نفسها في المرآة المحدبة أصغر مما ترى في المرآة المستوية. وبالتالي، لو كان كاتب نص ابن عيسى قد حصل في الجزء الأول من هذه المسألة على قطعة مثل HI، لَعَرَض من دون شك هذا البناء الهندسي.

لنعد الآن إلى مسألة موقع العين، ولنأخذ أحرف التأشير عند ابن عيسى. الخط المستقيم EHF عمودي على الكرة؛ فإذا كانت D_0 نقطة المحور EB حيث يكون $\widehat{FHO} = \widehat{FHD_0}$، عند ذاك ينعكس الشعاع D_0H على المرآة المحدبة وفق HO. والآن إذا كانت العين موجودة في النقطة D، بين D_0 وB، فإن الشعاع DH ينعكس وفق HJ.

الشكل رقم (٣ ـ ٣٢)



إذا كان موقع العين في النقطة 'D، وراء D_0، فإن الشعاع D'H ينعكس وفق HX تحت الخط HO. في إطار هذه الفرضية بالتحديد يقوم قسطا بن لوقا باستدلاله في القضية رقم (23)، وكذلك في القضية رقم (25) حيث يدرس ما يحدث عندما تبتعد العين أكثر فأكثر عن المرآة. وهذه الدراسة لا ترد في نص ابن عيسى.

لنلاحظ، بالنسبة إلى نقطةٍ H معطاة، أن النقطة D_0 لا تكون موجودة

إلا إذا كان لدينا $\widehat{OHD_0} > 90°$، أي إذا كانت النقطة H تُحَقِّقُ الشرط $\widehat{BEH} < 45°$.

ج ـ المرآة الكروية المقعرة والمرآة الاسطوانية المقعرة

يعود ابن عيسى في القضية رقم (13) من الفصل نفسه إلى المرآة المقعرة التي يحدثها القوس ABC ذو المحور DG، حيث تكون النقطةُ G مركز الكرة، وحيث تقع العين على المحور.

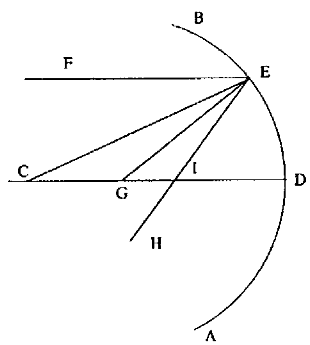
يريد ابن عيسى أن يبيّن أن هذه المرآة «تُري الأشياء في أضداد مواضعها، أعني في غير مواضعها، إذا كان الناظر منها خارجاً عن مركز كرتها، أعني أبعد منها من مركز كرتها»[٥٤]. ولذلك فقد درس ثلاث حالات:

أ) العين موجودة في النقطة C بحيث يكون $CD > GD$؛ عند ذاك نرى «الأشياء في أضداد مواضعها»[٥٥]. هذه هي الحالة التي توافق العرض.

ب) العين موجودة في المركز G، عند ذاك ينعكس كل شعاع خارج من G، مثل GE، على نفسه، والعين G لا تَرى في E إلا نقاط القطعة GE.

ج) العين موجودة في النقطة I بحيث يكون $ID < GD$، عند ذاك، ما هو موجود في اتجاه B يُرى في اتجاه B.

الشكل رقم (٣ ـ ٣٣)



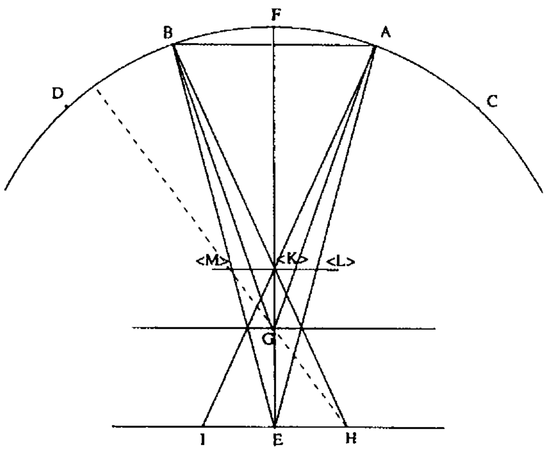
(٥٤) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٧٦، السطر ٢٢ ـ ٢٤ من هذا الكتاب.

(٥٥) المصدر نفسه.

إن نصّ ابن عيسى مشوش للغاية، والكاتب يعطي شروحات طويلة عن موقع الشعاع المنعكس الموافق لشعاع ساقط، لكن دون تحديد فعلي لموقع «الأشياء» المبصَرة.

وقد درس قسطا بن لوقا المسألة نفسها في القضية رقم (30) من كتابه. في هذه القضية تبصر العين الوجه في المرآة المقعرة CFD ذات المحور FG، حيث تكون النقطة G مركز الكرة؛ وتقع العين في النقطة E، ويُمَثَّلُ الوجه بالقطعة المستقيمة العمودية في النقطة E على المحور FG. ويُفْتَرَضُ مستوي الشكل أفقياً.

(الشكل رقم (٣ ـ ٣٤)



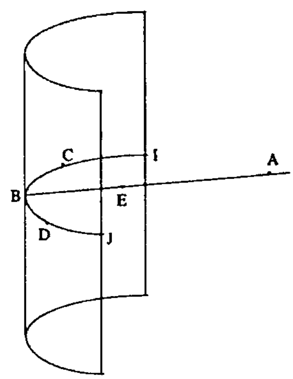
يفترض قسطا بن لوقا أن FE > FG (وهي الحالة أ عند ابن عيسى)، ويأخذ الشعاعين EA وEB، على جَانِبَيْ المحور FG، ويأخذ كذلك الشعاعين المنعكسين AI وBH الموافقين للشعاعين المذكورين. من الواضح في هذه الحالة أن النقطة I الواقعة على يسار العين بالنسبة إلى المحور EF تُرى في المرآة في النقطة A الواقعة على يمين المحور. وكذلك، فالنقطة H الواقعة على يمين المحور، تُرى في النقطة B الواقعة على اليسار. ويستنتج قسطا بن لوقا قائلاً: «جهة ح ضد جهة ب وجهة ط ضد جهة أ. فترى المبصرات في مرآة اب من الناظر الذي على هـ في ضد مواضعها، اليمين

يساراً واليسار يميناً»[٥٦]. بعد ذلك يلاحظ ابن لوقا أنه إذا جعلنا مستوي الشكل يدور حول FE لنحصل على مستوٍ عمودي، فإننا نبيّن بالطريقة نفسها أنه عند ذاك «يُرى العلو سفلاً والسفل علواً، فيرى الوجه مقلوباً وأجزاؤه المبصَرَة منه في أضداد مواضعها»[٥٧].

إلا أن ابن لوقا لا يعالج الحالة التي تكون فيها العين بين G وF. لتكن K نقطة تقاطع الشعاعين AI وBH، وL وM نقطتا تقاطع الشعاعين AE وBE مع الخط المستقيم الموازي للخط AI والخارج من النقطة K، ونعرض العين في النقطة K بحيث يكون $FK < FG$؛ من الواضح في هذه الحالة أن الشعاعين البصريين KA وKB ينعكسان على التوالي وِفق AL وBM. والنقطة الواقعة على يمين المحور تُرى إذن في المرآة في النقطة A على يمين المحور، والنقطة M الواقعة على اليسار تُرى في B على اليسار. وهذه الحالة التي لم يعالجها ابن لوقا مطابقة للحالة عند ابن عيسى.

ينتقل ابن عيسى بعد ذلك في القضية رقم (14) إلى دراسة المرآة الأسطوانية المقعرة التي نموذجها قوس دائرة. في البداية تكون الأسطوانة في وضع عمودي؛ القاعدتان أفقيتان، وسطح الأسطوانة مقطوع بواسطة مستوٍ أفقي وفق القوس IJ الذي محوره الخط المستقيم BE، والنقطة E هي مركز الدائرة.

الشكل رقم (٣ ـ ٣٥)



(٥٦) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٥٤٥، السطر ٧ ـ ٩ من هذا الكتاب.

(٥٧) انظر الملحق رقم (٢)، ص ٥٤٥، السطر ١٢ ـ ١٣ من هذا الكتاب.

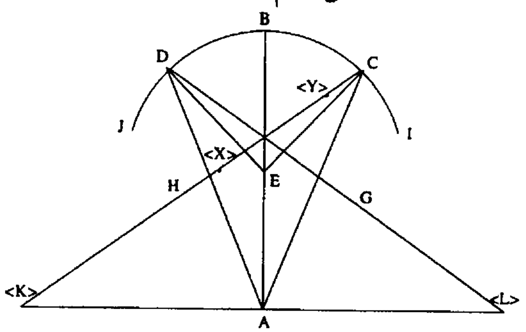
عند ذاك يتناول الكاتب حالتين:

أ) العين A موضوعة على المحور BE. فإذا كان لدينا AB > BE، «فإنها تُري ما كان في يمين الناظر في شمال المرآة وما كان في شمال الناظر في يمين المرآة»(٥٨).

ويتم الاستدلال بالنسبة إلى المرآة الأسطوانية انطلاقاً من القوس IBJ في مستوٍ موازٍ للقاعدتين، مثلما هو الأمر بالنسبة إلى مرآة كروية، محورها BE، محددة بهذا القوس. وقد تمت معالجة هذه المسألة في القضية السابقة، أي الثالثة عشرة من نص ابن عيسى، وفي القضية رقم (30) من مؤلّف ابن لوقا.

إن النص الذي يعرضه ابن عيسى في هذه القضية الرابعة عشرة هو أكثر وضوحاً من نص القضية السابقة أي الثالثة عشرة، والشكل المستخدم قريب من الشكل الذي يعطيه ابن لوقا في القضية رقم (30). إن الشعاعين البصريين AC وAD ينعكسان على التوالي وفق CH وDG. وموقع كل من النقطتين H وG غير محدد. ويستنتج الكاتب قائلاً: «فكل شيء كان على خط جـ ح يرى من المرآة على علامة جـ»(٥٩). وهذا صحيح، لكنه لا يوافق ما ورد في عرض القضية، الذي يقول بأنّ ما يقع على يسار الناظر يظهر على يمين المرآة(٦٠).

الشكل رقم (٣ ـ ٣٦)



(٥٨) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٧٨، السطر ٢٥ ـ ٢٦ من هذا الكتاب.

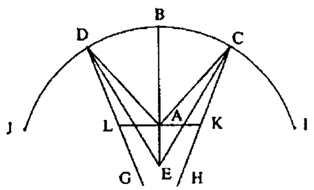
(٥٩) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٨٠ من هذا الكتاب.

(٦٠) انظر الملحق رقم (٣)، ص ٥٧٨ من هذا الكتاب.

فإذا افترضنا على مستوي الشكل أن الخط المستقيم EB هو الخط الفاصل بين اليمين واليسار، عند ذاك إذا أخذنا على الخط المستقيم CH نقطة مثل النقطة X موجودة على اليسار، فإنها تُرى على اليمين في النقطة C، وإذا أخذنا نقطة مثل النقطة Y موجودة على اليمين، فإنها ترى في النقطة C على اليمين. وكما هو الأمر في القضية رقم (13)، يبقى أن نحدد النقاط التي تُرى (من النقطة A)(*). إذا سمّينا K وL نُقْطَتَيْ تقاطع كل من الشعاعين المنعكسين CH وDG مع العمود على المحور EB في النقطة A، عند ذاك فإن النقطة L، على يمين A، تُرى على اليسار في النقطة D في المرآة، والنقطة K على يسار A′ تُرى على اليمين في النقطة C في المرآة.

ب) يتناول ابن عيسى بعد ذلك حالة القضية رقم (13) حيث يكون AB < EB، لكنه لا يرسم شكلاً جديداً. لذلك يبدو النصّ ناقصاً. وإذا أعدنا رسم هذا الشكل، فإننا نستنتج، كما هو الأمر في شرح القضية رقم (13)، أن النقطة K الواقعة على يمين A تُرى في C على يمين المحور، والنقطة L الواقعة على يسار A تُرى في D على يسار المحور. وإذا كانت العين في المركز E، فإن الشعاع EC ينعكس على نفسه وكل نقطة من EC تُرى في موقعها.

الشكل رقم (٣ ـ ٣٧)



وفي الجزء الأخير من القضية، تكون الأسطوانة موضوعة أفقياً، وتكون القاعدتان عموديتين وكذلك مستوي القوس IJ؛ ونفترض الوتر IJ عمودياً والمحور BE أفقياً. نقرأ عند ذاك: «يرى الفوق أسفل والأسفل فوق». لكن لا شيء يبرر هذا التأكيد؛ والكاتب يكتفي بالقول إن «التدبير واحد».

من الواضح أن الاستدلال هو نفسه، إلا أنه ينبغي، من أجل الوصول

(*) ملاحظة المترجم.

إلى النتيجة، تمييز الحالات AB = EB، AB < EB، AB > EB، وتحديد مواقع النقاط التي تراها العين.

وتجدر مقارنة هذا الجزء الأخير من القضية مع المقطع الأخير من القضية رقم (30) لابن لوقا، كما سبق وفعلنا ذلك في شرح القضية رقم (13) لابن عيسى. إن مقارنة النصين، نص قسطا ابن لوقا ونص ابن عيسى، تؤكد أن هذين النصين هما قريبان إلى حدٍّ لا يسمح باعتبارهما فعلاً مستقلين، لكنهما في الوقت نفسه بعيدان بما فيه الكفاية في بعض النقاط مما لا يسمح باعتبار نص ابن عيسى اقتباساً مباشراً لنص ابن لوقا. وقد لاحظنا بخاصة في القضيتين رقمي (23) و(25) من مؤلف ابن لوقا، واللتين تتناولان موضوع المرآة المحدبة، وكذلك في القضايا أرقام (24) و(26) و(30) و(32) من المؤلَّف نفسه، والتي تتناول موضوع المرآة المقعرة، أن الجسم المرئي يُمَثَّل بواسطة خط مستقيم عمودي على محور المرآة في نقطة هي نفسها موقع العين. وهذه الفرضية الثابتة، التي تُحِدُّ من عموميَّة المسألة، نجدها أيضاً في نص ابن عيسى؛ إن الجسمَ المرئيَّ في القضية رقم (11) حول المرآة المقعرة وفي القضية رقم (12) حول المرآة المحدبة، يفترض في الوضع نفسه الذي نجده عند ابن لوقا. بالمقابل، في القضيتين رقمي (13) و(14) من كتاب ابن عيسى، واللتين تنبغي مقارنتهما بالقضية رقم (30) عند ابن لوقا، فلا أثر لأيّة إشارة إلى موقع المرئي. وهذا يفسر النقص الظاهر في دقة استنتاجات ابن عيسى، كما يفسر الاختلافات بين الكتابين. وإذا كانت القرابة بين النصين تبدو دون حاجة إلى الإثبات، فإن هذه الاختلافات الأخيرة تمنعنا، في غياب تبرير إضافي، من نسبة نص ابن عيسى إلى نص ابن لوقا. ولذلك نؤكِّدُ، ودون أية مجازفة، أن هذين النصين ينتميان إلى التقليد نفسه الذي يُمكن تمييزُه بمسائله وطرقه. وهذا التقليد بالتحديد تَشَكَّل وتَطوَّر انطلاقاً من الكندي وممن كان حوله. وذلك أن قسطا بن لوقا، كما نعلم، هو عضو في ما يُسَمَّى «مدرسة» الكندي. أما ابن عيسى، فإنه مقتبس لكتاباته. وقد بَيَّنَّا، بخاصة، أن هذا الفصل نفسه، الذي يثير اهتمامنا هنا، يبدأ بالتحديد باقتباس من كتابة للكندي، وهذه حجة إضافية تحثنا على المزيد من التساؤل حول العلاقات بين نهاية هذا الفصل لابن عيسى وما كتبه الكندي.

توجَد بين نص ابن لوقا ونص ابن عيسى، في الواقع، اختلافات بارزة في المفردات. فابن لوقا، على امتداد كتابه، غالباً ما يستخدم تعبير «الشعاع

البصري»، في حين أن هذا التعبير يختفي عند ابن عيسى لتحل محله كلمة «شعاع». وهذا التعبير الرئيسي أي «الشعاع البصري» لا يستخدمه الكندي إلا في بعض الحالات، في الكتابات التي نعرفها. فهو بالمقابل، غالباً ما يلجأ إلى مصطلح «الناظر» وفق ما نعرفه من كتاب **تقويم الخطأ**. وقد يحصل أن يستخدم ابن لوقا هذا المصطلح لكنه يُفضِّلُ عليه بشكل واضح مصطلح «العين» أو «البصر»، وذلك إذا استندنا إلى تَرَدُّد كل من المصطلحين في نصه. أما في فصل ابن عيسى فإن تعبير «الناظر» هو المستخدم. لكنَّنا، ودون المبالغة في القيمة البرهانية لهذه الحجة التي تخص المفردات، نستخلص منها اعتقاداً راسخاً بأن هذا الفصل لابن عيسى أقرب إلى مدرسة الكندي من ابن لوقا.

لنلخص الآن الوضع. هناك إذن بعض القضايا حول انعكاس الضوء مرتبطة في ما بينها بواسطة السؤال الذي يفترض بهذه القضايا الإجابة عنه. وهذا السؤال هو كيف تُبدِّل بعض المرايا المحرقة (الكروية المقعرة) والمرايا الكروية المحدبة المقدارَ المرئيَّ للجسم؟ وهذه القضايا مجموعة في نهاية فصل تأتي بدايته بأكملها، وفي القسم الأساسي منها، من كتابة للكندي. وهي متقاربة، بالإضافة إلى ذلك، مع بعض القضايا الأخرى الموجودة في كتاب مؤلِّفه هو عضو في مدرسة الكندي. أخيراً، تستخدم هذه القضايا مصطلحات أقرب إلى تلك التي يستخدمها الكندي، منها إلى مفردات ابن لوقا. لذلك لا نستطيع التصدي للمسألة الصعبة المتمثلة في معرفة ما إذا كانت هذه القضايا قد أُخِذَتْ من كتاب آخر للكندي أي من **في اختلاف مناظر المرآة**. إن ضياع هذا الكتاب يضعنا أمام ثلاثة احتمالات، أو ثلاث فرضيات متفاوتة القيمة.

في البداية يمكننا اعتبار عمل ابن عيسى كَمُجَرَّدِ استعادة غير مُوفَّقة لمؤلف ابن لوقا؛ وهذا ما يجعل مقارنة عمل ابن عيسى مع كتاب الكندي غير ضرورية. لكن تبرز حجتان تناقضان هذا الاعتبار. الحجة **الأولى** هي كيف نفهم في هذه الحالة، الاختلافات بين النصين؟ أما **الثانية** فهي كيف نفسر أسلوب اقتباس ابن عيسى؟ فقد رأينا أكثر من مرة أنه يقوم باستعارة مباشرة وكثيفة، دون أن يضيف قضايا مهمة، بل إن ما يضيفه لا يتعدّى بعض المراجعات وبعض الأمثلة فقط.

ونستطيع أيضاً افتراض وجود نص يوناني، مترجم إلى العربية، قد يكون المصدر المشترك لابن لوقا وابن عيسى. وهذا الافتراض هو من نوع

التخمينات التي يحبها بعض المؤرخين، مع أن التحقُّق من صحتها متعذر. وفي الحالة الراهنة، لا نستطيع اقتراح أي نص يوناني موجود أو أي نص عربي مترجم من اليونانية كمصدر مشترك لابن لوقا وابن عيسى. وإذا ما وجد هذا المصدر فعلاً، فإنه غائب ضمن النصوص التي وصلتنا. ودون أن ننفي إمكانية أن يكون كتابٌ في انعكاس الضوء، غير معروف لدينا، قد وُجِد فعلاً وشكل مثل هذا المصدر، فإن هناك احتمالاً كبيراً لأن يكون الكندي قد اطّلع على هذا الكتاب، مما يفتح المجال لتكهنات لا نهاية لها ويزيد الوضع تعقيداً. إن قراءة مؤلف ابن لوقا تظهر في الواقع أنه قد يكون مطلعاً على كتاب **في انعكاس الضوء** توجَد فيه بعض القضايا القريبة من تلك التي نجدها في النص المنسوب إلى أقليدس. وفي هذه الحالة يمكننا القول بصواب أن الكندي، الذي كان مرتبطاً بابن لوقا في ما يتعلق بترجمة المؤلفات اليونانية، ربّما كان مطّلعاً على هذا الكتاب المحتمل في انعكاس الضوء وربما استخدمه، مثلما فعل ابن لوقا، من أجل تحرير مؤلفه الخاص في انعكاس الضوء. وفي هذه الرواية لمجرى الأمور، تبدو الحجة القائلة بوجود «رَجُلٍ ثالث» غير ضرورية، ولا سيما أن الجزء الأول من هذا الفصل لابن عيسى يصدر عن الكندي.

والاحتمال الثالث هو أن يكون ابن عيسى قد استعار هذه القضايا من كتاب الكندي **في اختلاف مناظر المرآة** مع القيام ببعض الإضافات، أو أن يكون قد استعارها من مصدر آخر مثل **في المرايا** المنسوب زعماً إلى أقليدس. وهذا التخمين يمكن تأييده بتخمين آخر سهل التصور، وهو أن الكندي وابن لوقا اللذين استوحيا من المصادر نفسها وعالجا الموضوع نفسه، قد طرحا المسائل نفسها. وهذه الفرضية هي المفضلة لدينا في الوقت الراهن. إلا أن إمكانية أن يكون ابن عيسى قد اقتبس بعض القضايا من كتاب **في عمل المرايا المحرقة**، وهذا مؤكد، وكذلك من كتاب **في اختلاف مناظر المرآة**، وهذا محتمل، تتطلب أيضاً المزيد من المعلومات التاريخية والفهرسية التي تبقى رهناً بالمستقبل، والتي تسمح لنا أن نأمل بمعرفة أفضل للكندي كباحث في مجال انعكاس الضوء.

القسم الثاني

نصوص وترجمات

مقدمة

إن نتاج الكندي، في علم المناظر وانعكاس الضوء الذي تَحَقَّقْنا أنه أكثر غنى مما كنا نعتقده، بعد اكتشاف كتاب **تقويم الخطأ** والمقطعين ـ وأحدهما يتعلّق بالأجرام الغائصة في الماء، والآخر بالمرآة الكروية المقعرة ـ وبعد تصويب مؤلَّفه في **الشعاعات الشمسية،** لا ينحصر في هذه المؤلفات التي يجب أن نضيف إليها كتاب *De Aspectibus*. فقد بيّنا بفضل هذين المقطعين وبفضل ابن عيسى أيضاً، أن هناك أعمالاً أخرى للكندي ما زالت مفقودة، مثل كتاب **في اختلاف مناظر المرآة**. وبانتظار اكتشافات جديدة، نعطي تحقيقاً أولياً لجميع هذه النصوص ونقدم ترجمة أولى لها. إلاَّ أنه ينبغي علينا قبل ذلك استكمال دراسة هذه النصوص.

أ ـ في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر

لقد ناقشنا في الفصل الأول المسائل المطروحة حول أصالة ونسبة هذا النص القديم الذي عثرنا عليه[1]. يبقى أن نقدم المعلومات القليلة التي هي لدينا، حول المخطوطة. لقد وصلنا نص الكندي في نسخة واحدة، وهي تشكل جزءاً من مجموعة «المتوسطات». وهذه المجموعة تحمل الرقم ٧٥٨٠، وتعود إلى مكتبة مرعشي نجفي، وتقع في ١٧٢ صفحة، وهي غير مؤرخة، كما أن

(١) انظر الفصل الأول من هذا الكتاب، ص ٨٦ ـ ١٠٤.

النصوص التي تتضمنها المجموعة غير مؤرّخة أيضاً. ولا جدوى من التفتيش عن أسماء النساخ أو المالكين السابقين لها. وكل ما نعرفه أن المجموعة تعود إلى وقف آية الله العظمى المرعشي النجفي، لذلك من المحتمل أن شراءها قد تم في العراق أو في إيران. وقد تم ترقيم الصفحات حديثاً.

يحتل مؤلف الكندي الصفحات ٦٩ظ ـ ١٠٢ظ. وكل صفحة قياسها ٢٠٢ × ١٦٨، وتتضمن ١٧ سطراً، إلا في بعض الحالات حيث تتضمن ١٩ سطراً. والكتابة بالحبر الأسود، أما العنوان وأرقام القضايا الواردة بالأحرف الأبجدية، وكذلك الأشكال الهندسية، فبالحبر الأحمر.

لقد اكتشفنا أن هناك عدة أيادٍ شاركت في نسخ الكتاب. فالصفحات ٦٩ظ ـ ٧٨ظ و٨٩و ـ ٩٦ظ مكتوبة باليد نفسها، بالخط النسخي الشرقي، مع بعض الخطوط بالنستعليق. ومما لا شك فيه أن هذه اليد هي التي كتبت في الأصل مجموع المخطوطة. أما الصفحات ٧٩و ـ ٨٨ظ فقد كتبت بيد أخرى، أكثر حداثة، وبعناية بالخط النسخي الشرقي. وأخيراً، كتبت الصفحات ٩٧و ـ ١٠٢ظ بيد ثالثة بالنسخي الشرقي. ومن الممكن أن نقوم بعدة تخمينات لتفسير تعدد النساخ؛ وأكثر هذه التخمينات احتمالاً هي تلك التي تستند إلى ممارسة معروفة: إذ تنسخ الأوراق التالفة مجدداً قبل فوات الأوان، وذلك بهدف انقاذ النص. وإن كان هذا التخمين يتطلب فحصاً للأوراق للتأكد من صحته، فإننا نلاحظ حالياً أن الأجزاء التي أعيد نسخها تبدأ بصفحات جديدة (صفحات وجه).

إلا أننا نلاحظ، أن الحواشي نادرة في كل صفحات المؤلَّف. والإضافات على الهامش هي في معظمها كلمات أو جمل أُغفلت سهواً خلال النسخ. ويعود الناسخ ويضيفها مستخدماً بشكل دائم تقريباً إشارة خاصة من أجل تحديد المكان الذي يجب إدراجها فيه. والإضافات هذه هي دائماً من فعل الناسخ. لكن هناك حاشيتين، ترد الأولى في الصفحة ٨٩و والأخرى في الصفحة ٩٠و، حيث أضيفت جملة للإشارة إلى استنتاج (وهذه الجملة مكتوبة على الأرجح بيد الناسخ). إلا أننا نجهل ما إذا كانت هاتان الجملتان من فعل الناسخ أو أنهما تعودان إلى النموذج الذي استخدمه.

وإذا أخذنا كل شيء في الاعتبار، فإنه يبدو أن نص الكندي قد حُفِظ بأمانة وأن المخطوطة، وإن كان تاريخها مضطرباً بعض الشيء، لم تتعرض

لأي تلف. ويتأكد هذا الأمر من خلال المقارنة مع النص الذي اقتبسه ابن عيسى. أخيراً، إن أخطاء النَسْخ، اللغوية أو الرياضية، بما في ذلك إغفال كلمة أو جملة، كثيرة من دون شك لكنها تبقى في حدود مقبولة. وقد صححنا هذه الأخطاء وتقيّدنا، في عملية تحقيق النص، بالقواعد التي عرضناها مرات عديدة، والتي سنذكّر ببعض منها لاحقاً.

ب ـ في الشعاعات الشمسية

إن مؤلف الكندي في **الشعاعات الشمسية** يتناول بالدرس هذه الأشعة وانتشارها وانعكاسها على الأجسام العاكسة وتركيزها المحرقي بواسطة المرايا المحرقة. لكن، وفي حين أن عنوان المخطوطة يرد دون صفةِ «الشمسية»، فإن هذه الصفة تظهر مباشرة في التعريف نفسه للعلم الذي يتناول موضوع الأشعة، فهو «علم مخارج الشعاعات الشمسية». وغياب تعبير «الشمسية» من العنوان ليس أبداً مسألة دون مغزى، إذا أخذنا بالاعتبار المسائل التي يطرحها مفهوم «الشعاع» في علم المناظر من جهة، ونوعية دراسة الكندي في هذا الكتاب من جهة أخرى. فهو لا يعالج هنا الشعاع البصري أو شعاع النار، بل فقط «الشعاعات الشمسية». يبقى أن نقول إن المفهرسين القدامى قد ذكروا عنوان الكتاب دون تعبير «الشمسية». فابن النديم[٢] وكذلك ابن أبي أصيبعة[٣] في ما بعد يذكران هذا الكتاب بهذا العنوان ضمن مؤلفات الكندي الأخرى. وتحت هذا العنوان وصلنا هذا الكتاب من خلال مخطوطة وحيدة رقمها ٢٠٤٨ موجودة في مكتبة خودا بخش في بَاتْنا من الهند.

تتضمن هذه المخطوطة ثماني عشرة ورقة، قياس كل منها ٩٥ × ١٣٥ ملم، وتحتوي على سبعة عشر سطراً مكتوباً بعناية بالخط النسخي بالحبر الأسود، أما العناوين والأحرف الهندسية فهي مكتوبة بالحبر الأحمر. والأشكال الهندسية هي أيضاً مرسومة بعناية. والصفحات مرقمة، ومن المرجح أن الترقيم قد حصل بيد الناسخ الذي أتم التدوين في القاهرة في السابع من ذي القعدة سنة ٨٩٠ للهجرة، أي في ١٥ تشرين الثاني/نوفمبر من العام ١٤٨٥.

(٢) أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠هـ/ ١٩٧١ ـ ١٩٧٢م)، ص ٣١٧.

(٣) أبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، شرح وتحقيق نزار رضا (بيروت: دار مكتبة الحياة، [١٩٦٥])، ص ٢٩٠.

والمخطوطة كتبت بيد واحدة، دون أية حاشية من فعل يد أخرى. والإضافات الوحيدة كتبها الناسخ، وهي عبارة عن كلمات وجملة منسية خلال التدوين، واقتراح من أجل تصحيح نحوي. وقد كان من المنتظر، من ناسخ يعتني بعمله، أن يصلنا نص متقن. لكن الأمر ليس كذلك. فالمخطوطة تعرضت لحادثين خطرين للغاية طرآ عليها، كما أنها تضمنت طائفة من الصعوبات الصغيرة. وإذا كانت هذه الصعوبات ناتجة من مصادر غير محددة، كما قد تكون عائدة للكندي نفسه، فإن الأسلوب والاستخدامات اللغوية والحادثين الخطرين قد نتجت دون أي شك من النموذج الذي استخدمه الناسخ، وحدثت من وقت لآخر من تاريخ تتابُع نسْخ المخطوطة. ويتمثل الحادثان في فقدان مقطع أساسي من نص الكندي. فقد ترك الناسخ نصف صفحة بيضاء في الصفحة الثانية حيث يتوقف التدوين في منتصف إحدى الجمل. ومن المفترض في هذا المقطع المفقود أن يبدي الكندي رأيه في الدراسة التي كرّسها أنتيميوس الترالي للمرايا المحرقة. وبعد ذلك نجد حادثاً مشابهاً حيث يتضمن النص المفقود نهاية القضية رقم (14) وبداية القضية رقم (15).

وقد استطعنا تصويب وإتمام القسم الأكبر من النص الأول، وكذلك النص الثاني بأكمله؛ ولنتناولهما الآن على التوالي.

تبدأ كتابات الكندي في غالبيتها العظمى بتمهيد حيث يوجه كلامه إلى واحد من ثلاثة أشخاص: حاميه أو صديقه أو تلميذه، على شكل أدعية وصلوات، لينتقل بعد ذلك إلى التحديدات حول القضية المطروحة وإلى الموضوع الذي يجب بحثه، ويمزج ذلك أحياناً بملاحظات منهجية ونقدية. وهذا الأسلوب في العرض ليس محصوراً في ميدان معين، إذ نجده في الكتابات الفلسفية كما نجده في الكتابات العلمية. ومن هذه الزاوية، لا يشكل كتاب **في الشعاعات الشمسية** استثناءً. فالكندي يبدأ كتابه بتوجيه كلامه إلى الخليفة شخصياً، وهذا الخليفة هو المعتصم[٤] على الأرجح؛ وبذلك نحصل على

---

(٤) في غياب أية معلومات إضافية أو مصدر جديد، فإن كتب الحوليات التاريخية القديمة والفهارس لا تقدم لنا ما يشير إلى حياة الكندي، مما يدفعنا إلى الافتراضات. والافتراض الأكثر احتمالاً هو أن الكندي يتوجه إلى خليفة أتى قبل المتوكل، ولم يكن له موقف إيجابي من الكندي. فالأمر إذن يتعلق بالمعتصم أو بالواثق. وإذا أخذنا كل شيء في الاعتبار، فإننا نميل إلى الاعتقاد أن هذا الخليفة هو المعتصم. فقد عهد بابنه أحمد إلى الكندي من أجل تعليمه. وقد أهدى الكندي إلى هذا الخليفة، مستخدماً تعابير مشابهة، كتابه المهم **في الفلسفة الأولى**. كما شاركه إلى حد ما في =

تاريخ تقريبي لتأليف هذا الكتاب وكذلك لترجمة كتاب أنتيميوس التراّلي[٥]. وبعد هذه الأدعية للخليفة، يتابع الكندي كلامه كالعادة مذكراً بفائدة ميدان الدراسة، أي المرايا المحرقة بواسطة الأشعة الشمسية، قبل أن يسهب بإعطاء التدقيقات الإضافية. وهذا الجزء كله غائب عن النص، باستثناء نهاية المقطع الذي يبدأ بكلمة «أحرق». ومن الواضح عند قراءة النص أن الجزء الناقص يبدأ في منتصف الجملة بعد كلمة «أعني» وصولاً إلى منتصف جملة، حيث نجد كلمة «أحرق». وفي المقطع اللاحق، يخبرنا الكندي أن ما سبق هو كلام أنتيميوس التراّلي. وبالفعل، فإن الأسطر الأخيرة من المقطع هي حرفياً جزء من نص أنتيميوس كما جاء في تحقيقنا الأوّلي[٦]. وبالتالي يكفي أن نكمل الاستشهاد استناداً إلى التحقيق المذكور، وهذا ما فعلناه. لذلك لم يعد ينقص سوى القليل من الأسطر التي يُفترض أن يكمل الكندي فيها شرحه عن الفائدة من ممارسة هذا الفرع من علم المناظر في تهذيب النفس. ويبدو إذن أننا نملك القسم الأعظم من التمهيد.

والحادث الآخر أدى إلى فقدان نهاية القضية الرابعة عشرة وبداية القضية الخامسة عشرة، والغريب أن هذا الحادث قد مر دون أن يفطن له أحد. غير أننا استطعنا إتمام نص نهاية القضية رقم (14) ونص بداية القضية رقم (15)، وبذلك بيّنا أن كتاب الكندي لا يتألف من أربع عشرة قضية وفق الاعتقاد الذي كان سائداً، بل من خمس عشرة قضية (والقضية الخامسة عشرة، كما سنرى، هي إحدى أهم القضايا تاريخياً ورياضياً). أما الصعوبات الأخرى في هذا النص، فهي ناتجة من أخطاء في النسخ، وهي عديدة للغاية، وكذلك من أخطاء لغوية ظاهرة، واستخدامات محدودة مسموح بها دون أن تكون موافقة لقواعد اللغة.

لهذه الأسباب جميعها، وفي التحقيق الأوّلي لهذا النص الذي سنقدمه أيضاً، سنطبق القواعد التي شرحناها في العديد من المرات، وبخاصة قاعدة عدم

= موقف عقلاني في علوم الدين. وقد حكم المعتصم بين العامين ٢١٨ هـ/٨٣٣ م و٢٢٧ هـ/٨٤٢ م. وخلفه الواثق لغاية العام ٢٣٢ هـ/٨٤٧ م. وبموجب هذا التخمين ـ الذي ليس هو التخمين الوحيد ولكنه الأكثر احتمالاً كما يبدو لنا اليوم ـ فإن الكندي قد حرر كتابه في تلك المرحلة.

(٥) يستشهد الكاتب بأنتيميوس التراّلي في كتاب **الشعاعات الشمسية**. لذلك فإن كتاب هذا الأخير في المرايا المحرقة قد ترجم، على الأقل جزئياً، في ذلك الوقت.

(٦) *Les Catoptriciens grecs*, textes établis, trad. et commentés par Roshdi Rashed, collection des universités de France. Série grecque; 400 (Paris: Belles lettres, 2000), vol. 1: *Les Miroirs ardents*.

التدخل في النص، إلا في حالات الضرورة القصوى، بهدف تصحيح خطأ لغوي أو علمي يجعل النص غير مفهوم؛ كما أننا من جهة أخرى سنعتمد قاعدة عدم تعديل النص إلاّ بعد استنفاد جميع الإمكانيات اللغوية التي تسمح بالحفاظ عليه كما هو. لذلك نفضّل عبارة تعود إلى الكاتب وإن كانت لغوياً غير صحيحة تماماً على عبارة أخرى أفضل منها ولكنها لا تعود إلى الكاتب. أما في ما يتعلق بالترجمة فإننا نميل إلى ترجمة حرفية بشرط ألا تصدم طبيعة اللغة وخصائصها.

ونص الكندي هذا لم يحقق ولم يترجم حتى الآن، لكنه كان مؤخراً ضحية أسطورة وسوء فهم. ذلك أنه في عام ١٩٦٧ أصدر م. الهاشمي كتاباً صغيراً يحمل عنواناً جذاباً[٧]، حيث يعلن أن كتاب الكندي قد نُشر «على شكل نسخة مصورة مع شرح» (Published as a Photocopy with Commentary)[٨]. وبرأي الهاشمي، يتعلق الأمر بصورة فوتوغرافية لمخطوطة اكتشفها م. زكي الدين في باتنا (Patna)[٩]. لكننا نبّهنا سابقاً إلى أنها ليست صورة للمخطوطة ٢٠٤٨[١٠]. وذلك أن تفحُّصَها يُبيِّن بالمقابل أنها صورة لنسخة حديثة (في حوالى أربعينيات هذا القرن) عن المخطوطة ٢٠٤٨. وهذه النسخة الحديثة المصورة هي، لسوء الحظ، مغلوطة وصفحاتها تفتقد إلى الترتيب؛ ويُظْهِرُ تفحصها على الأخص ما يلي:

(١) إن جملاً عديدة قد أغفلت خلال النسخ الحديث، وعلى سبيل المثال أغفلت نهاية القضية رقم (39) وبداية القضيّة رقم (40)، (42)...

(٢) إن الناسخ قد خلط الصفحات خلال عملية التدوين، وهذا ما جعل النسخة غير مفهومة. ونجد، وفق هذا الخلل في الترتيب، صفحات المخطوطة منسوخة وفق الترتيب التالي: ٣٥، ٣٦ (حتى السطر الرابع)، ٣٣، ٣٤، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢ (السطران الأول والثاني)، ٣٦ (ابتداءً من السطر الخامس).

---

(٧) أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **مطارح الشعاع: أقدم مخطوطة عربية في المناظر (المرايا المحرقة)**، نشر وتعليق محمد يحيى الهاشمي (حلب: [الهاشمي]، ١٩٦٧).

(٨) المصدر نفسه.

(٩) المصدر نفسه، ص ٢٣.

(١٠) J. Jolivet and R. Rashed, «Al-Kindi,» in: Charles Coulston Gillispie, ed., *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols. (New York: Scribner, [1970-1980]), vol. 15, supplement I, pp. 261 - 267.

(٣) إن الصورة الفوتوغرافية المنشورة هي نفسها مُختَلّة الترتيب، إذ يجب أن نقرأ الصفحات بالترتيب التالي: ٤٢، ٤٤، ٤٥، ٤٣، ٤٦.

(٤) إن الصفحة ٤٦أ هي تكرار لكامل الصفحة ٤٣ب تقريباً.

لكن جميع الكُتّاب دون استثناء، في المراجع المخصّصة لعلم مناظر الكندي، يستندون إلى هذه الصورة الفوتوغرافية وكأن الأمر يتعلق بنص للكندي، دون الإشارة إلى خلل النسخة وإلى خلل الصورة ويبدو لي أنه من الصعوبة بمكان الحصول على نظرة صحيحة حول نص الكندي انطلاقاً من هذه الصورة الفوتوغرافية، إذ إنه من الصعب القيام بمجرد قراءة لها[١١].

ج - في عظم الأشكال الغائصة في الماء

إن مخطوطة 1647 Izmirli Ismail Hakki، التي لم يفطن أحد إلى وجودها حتى الآن، تتضمن أربعة نصوص موجودة جميعها تحت عنوان **رسائل أبي يوسف الكندي**، وهي ترد وفق الترتيب التالي:

(١) «لا يمكن أن يكون عِظَم لا نهاية له بالفعل»؛

(٢) «سطح ماء البحر كرّي»؛

(٣) «أعظام الأشكال الغائصة في الماء كلما غاصت تُرى أعظم»؛

(٤) «كل مرآة قوسها ثلث دائرتها. . ينعكس الشعاع الأول من نهايتها على مركز المرآة».

لنلاحظ مباشرة أن هذه المخطوطة حديثة جداً، كما يتبين لنا عند فحص الورق والكتابة، وقد نسخت بعناية، والناسخ لا يُغفل الإشارة إلى إمكانية قراءات أخرى لبعض الكلمات (انظر حواشي المخطوطة). وفي ذهن هذا الناسخ، لا يوجد أي شك حول أصالة نموذجه الذي قد يكون موجوداً في مكان آخر. من جهة أخرى، لا تَظْهَرُ العناوين السابقة في المخطوطة كعناوين لمؤلفات، بل كعروض للقضايا. ذلك أن كل واحد منها تسبقه إحدى العبارتين: «قال أبو يوسف. . .» أو «قال. .». إنها إذن قضايا مأخوذة من مؤلفات للكندي.

---

(١١) من المسلم به أن الشروحات أو التفسيرات الناتجة من قراءة مزعومة لهذه الصورة الفوتوغرافية تتطلب إعادة نظر كاملة.

يعالج **النص الأول** أحد أهم المواضيع الأساسية عند الكندي، التي تناولها بالدراسة أكثر من غيرها. والموضوع هو استحالة وجود اللانهاية بالفعل. وقد عولج بطريقة مُخْتَصَّة، سواء من ناحية الأسلوب أو المنطق، إلى درجة لا تسمح بنسبته إلى أي شخص آخر. ويكفي لكي نقتنع بذلك أن نقارن هذا النص مع دراسات الكندي التي تتناول الموضوع نفسه في **الفلسفة الأولى**(١٢)، وفي **إيضاح تناهي جرم العالم**(١٣) وفي **ماهية ما لا يمكن أن يكون لا نهاية** <**له**>(١٤)، وفي **وحدانية الله وتناهي جرم العالم**(١٥).

إن تشابه هذه النصوص في اللغة والأفكار والاستدلال يَدُلُّ بوضوح على قلم الكندي.

ويبدو عرض **النص الثاني** في آنٍ واحدٍ كعرض لقضية وكَعُنوان لمؤلَّف. فابن النديم في لائحته يشير إلى العنوان «سطح ماء البحر كرّي». من جهة أخرى، يعود الكندي إلى طرح الموضوع نفسه بمصطلحات مشابهة في مؤلف آخر عنوانه **في كروية العناصر وجرم العالم**(١٦).

وفي هذه الحالة أيضاً، لا يوجد أي شك حول أصالة المؤلَّف ونسبته.

لكن، وقبل العودة إلى **النص الثالث** الذي يثير اهتمامنا هنا، لنلاحظ أولاً بعض التشابه بين النصوص الأربعة التي تشكل مخطوطة اسطنبول. وذلك أن جميع هذه النصوص تبدأ مباشرة دون تمهيد، كما لاحظنا ذلك في ما يتعلق بالنص الثالث. لكن الكندي يبدأ عادة كتابة مؤلفه بتمهيد، حيث يقوم بالدعاء لحاميه أو لصديقه أو لتلميذه قبل أن يذكر الموضوع الذي يريد طرحه. وإلى هذا الاختلاف نضيف اختلافاً آخر وهو وجود عنوان، بطريقة أو بأخرى في مؤلفات الكندي. لكن هذه النصوص جميعها تفتقر إلى التمهيد، وثلاثة منها على الأقل ليس لها عنوان، أما بالنسبة إلى النص

(١٢) أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، حققها وأخرجها محمد عبد الهادي أبو ريدة، ٢ ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣)، ج ١، ص ١٠٩ و١١٤ ـ ١١٦.

(١٣) المصدر نفسه، ص ١٨٦ ـ ١٩٢.

(١٤) المصدر نفسه، ص ١٩٤ ـ ١٩٨.

(١٥) المصدر نفسه، ص ٢٠٢ ـ ٢٠٣.

(١٦) المصدر نفسه، ج ٢، ص ٤٨ ـ ٥٣.

الرابع، فإنه يبدو أن العنوان وعرض القضية متماثلان. فالعرض فيه على سبيل المثال يبدأ مباشرة كما يلي: «قال أبو يوسف: سطح ماء البحر كرّي، برهان ذلك: أنه. . .»[١٧] وهكذا يتشكل لدينا انطباع بأن هذه النصوص هي مقتطفات أو مقاطع، وليست مؤلفات كاملة، حتى وإن لم تكن هذه المؤلفات بالضرورة أطول بكثير من هذه النصوص.

لا يبدأ النص الثالث، وذلك على غرار جميع النصوص الأخرى، بالعنوان «في عظم الأشكال الغائصة في الماء»، بل يبدأ بعرض القضية: «قال: أعظام الأشكال الغائصة في الماء كلما غاصت ترى أعظم». وهذا هو بالأحرى، وكما هو الأمر في الحالات الأُخرى، مقتطف من العنوان.

لنرجع الآن إلى اقتباس ابن عيسى. وهنا يبدو أن هذا الأخير يتصرف بالطريقة نفسها التي استخدمها مع كتاب **تقويم الخطأ**. فهو يتناول نص الكندي والشكل التابع له مع فروقات إنشائية طفيفة تقدم مزيداً من التأكيد على عملية الاقتباس. وكما هو الأمر بالنسبة إلى كتاب **تقويم الخطأ**، يحذف ابن عيسى بالتحديد تلك العبارات التي يمكن أن تَدُلّ على الاقتباس. وهكذا، فإن الكندي في بداية نصه يقول: «قد تبين في أوائل المناظر من كتبنا»؛ في حين أن ابن عيسى يستبدل هذه العبارة فيقول: «قد تبين مما قدمنا». مع ذلك يبقى ممكناً أن يكون ابن عيسى قد احتفظ ببعض الفقرات التي لم تَرِد في المقطع المذكور. وبما أن النصوص ليست طويلة، سنحقق نص الكندي، لكي يكون باستطاعة القارىء أن يقارن بنفسه هذا النص مع اقتباس ابن عيسى.

د ـ المرآة المقعرة التي قوسها ثلث دائرتها

هذا النص هو **المقطع الرابع** من المخطوطة التي أتينا على ذكرها في الفقرة السابقة. وبالنسبة إلى هذا المقطع، نستطيع أن نكرر حرفياً ما كتبناه بصدد **في عظم الأشكال الغائصة في الماء**. فهذا المقطع اقتبسه ابن عيسى أيضاً، ويبدو أنه صادر عن نص للكندي ضائع حالياً وهو **في اختلاف مناظر المرآة**.

---

(١٧) أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **رسائل أبي يوسف الكندي** (Istanbul, Izmirli Haqqi 1647).

بسم الله الرحمن الرحيم ٦٩-ظ

كتاب أبي يوسف يعقوب بن إسحاق الكندي إلى بعض إخوانه في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر

صيرك الله سببًا لكلِّ نافعة وهاديًا إلى كلِّ خير.

سألتَ، وفقك الله لدرك الحق، رسمَ كتاب في صناعة أوقليدس الموسومة بالمناظر وتقويمَ ما رأينا فيها من الخطأ وإيضاحَ مشكلاتها. وقد رسمتُ من ذلك قدرَ ما رأيتُه موافقًا لإرادتك، مع أنّا قد رسمنا في المناظر كتابًا جليلاً مغنيًا عن هذا الكتاب محيطًا بالقوانين الأولى لهذه الصناعة، إلاّ أني أحببت ألاّ أتخلف عن بلوغ إرادتك في هذا الكتاب، فكنْ به سعيداً.

العين ينبث من ناظرها قوة نورية تؤثر فيما لاقت من الجو أجمع ضياءً صنوبريًا رحبًا، أعني مستحدَه عند الناظر نفسه، وكلما بعد اتسعت قاعدته؛ فيكون الشكل الذي يحيط به ذلك الضياء مخروطًا أسطوانيًا مستحدّه عند الناظر ونهايته تلي المنظور إليه. وما وقع عليه ذلك الشعاع، أعني ذلك الضياء الشعاعي، أدركَه البصر، وما لم <يقع عليه ذلك الشعاع لم> يدركه البصر. فيصير ذلك المخروط كالعضو للحيّ، <به> الناظر يحسّ كلَّ ما لامسه من الأجسام. وما كان نهايتا الشعاع المماسّ لنهايتيه يحيطان بزاوية عظيمة رئي عظيمًا، وما كان <الشعاع المماسّ لنهايتيه> يحيط بزاوية صغيرة رئي صغيراً، وما رئي بزوايا شعاع كثيرة ظهر كثيراً، والأشياء التي تبصر بزوايا شعاع متساوية تبصر متساوية.

4 بالمناظر: بالناظر – 7 رأينا: رلين – 9 المناظر: يذكر هذا الكتاب في *الصناعة العظمى*، ص ١٢٠ – 12 ينبث: يثبت / ناظرها: مناظرها – 18 كان: كانت.

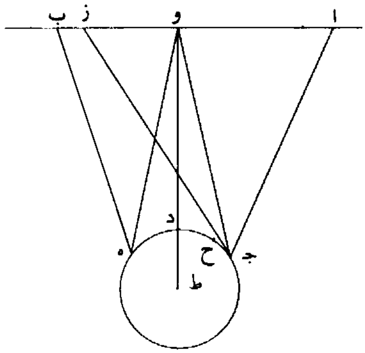
⟨آ⟩ وقد قال أوقليدس في أوّل أشكاله: إنه ليس شيء من المبصرات يبصر جميعًا معًا، وإن البصر ينتقل من شيء إلى شيء، فيُظنّ لسرعة انتقاله أنه يرى ⟨جميعًا⟩ معًا.

وهذا قول ظاهر الفساد والخطأ لأنه لا يخلو / انتقال البصر من أن ٧٠-و يكون عنده من قدر له مسافة في الطول والعرض أو ⟨لا⟩ مسافة له، أعني نقطة؛ فإن كان إنما يدرك نقطة ثم ينتقل إلى نقطة، فليس يدرك شيئًا البتّة، لأن النقطة لا طول لها ولا عرض ولا عمق، وما لا طول له ولا عرض ولا عمق لا يدركه الحسّ ولا له لون؛ فإنما ينتقل من شيء غير محسوس إلى شيء غير محسوس. فإذاً البصر إذا كان ما يبصر نقطةً بعد نقطة، فهو يبصر ما لا يُبصر، وهذا خلف سمج جداً. وإن كان الذي يبصِر أوّلاً وما ينتقلُ إليه ثانيًا أشياءَ ذوات طول وعرض، فليس إذاً البصر لا يبصر شيئًا دفعة، بل يبصر أشياء كثيرة دفعة في تلك المسافة التي له أن يدركها دفعة، وهي ما أحاط به نهايتا الصنوبرة، إلا أن ما تحت العمود الخارج من الناظر إلى مركز قاعدة الصنوبرة أبين للحسّ وأصدق رؤية، وكل ما بعد عن ذلك المركز كان أخفى، حتى يكون أخفى المنظور ما كان يلي نهايات الشعاع.

وأظنّ هذه العلّة هي التي غلّطت أوقليدس في أن البصر لا يدرك مبصراته دفعة لطلبه في بعض الأحايين الحروف من الكتاب فلا يقع عليها والكتابُ يُرى كله تحت نظره، ثم يقع عليه بعد ⟨ذلك فظنوا أن البصر يقع عليه، أعني الحرف بعد⟩ ما أنه كان يقع على أشياءَ غيره. وكما يعرض في الشيء الصغير: إذا طلب بالبصر في الموضع الذي وقع فيه، فإنه يعرض له مثل ذلك؛ وإنما يعرض ذلك لأنه يكون نائيًا عن مقاربة مركز الصنوبرة وعمودها، فعلى قدر تنائيه منها تحيط رؤيته بما جاوز. فإذا أحال البصر بحركته عمود الصنوبرة، فماسّ أو قارب مماسة عمود الشعاع، أدرك مطلوبه لشدّة إبانة ذلك الضياء الكثيف في ذلك الموضع. وما وقع عليه شعاع أكثر رئي أبين، بما نحن مبينون إن ⟨شاء⟩ الله.

4 يخلو: يخلوا – 11 إذاً: اذ – 13 نهايتا: نها – 14 للحسّ: الحس – 15 وكل ما: وكلما / أخفى (الأولى والثانية): اخفا – 20 ما: فطر – 21 طلب: طل.

وهو أن الناظر هُيأ كريًا متحركًا لتحيله القوة الحيوانية إلى مبصراته علواً كانت أو سفلاً أو يمينًا أو شمالاً. وكل موضع من الناظر / المقبَّب، الذي هو قطعة من سطح كريّ، ينبث منه الشعاع إلى كل موضع أمكن أن يخرج إليه منه خطٌ مستقيم. فإذاً المركز يمكن أن يخرج إليه من كل موضع من سطح الناظر شعاعٌ، فأما ‹ما› زال عن المركز يمينًا وشمالاً وفي كل جهة من سطح قاعدة الصنوبرة الشعاعية، فإنه يغيب عنه شعاعُ ما كان إذا خرج منه خطٌ مستقيمٌ إلى المنظور إليه قطع كرة الناظر، لأن حدبة كرة الناظر تستره وتمنعه من المضي إليه. ٧٠-ظ



مثال ذلك: أن نفرض المنظور إليه عند خط ا ب والناظرَ ‹قوس› دائرة جـ د ه والخطَّ المستقيم الخارج من جـ، التي هي نهاية ‹الناظر، هو نهاية› الشعاع الواقع على ا، ونفرض نهاية الناظر الأخرى ‹ه› والخطَّ المستقيم الخارج من ه، أعني ه ب، هو نهاية الشعاع الأخرى. ونخرج من ‹مركز قوس الدائرة التي هي الناظر من نقطة ط خطًا شعاعيًا إلى خط ا ب الذي الشعاع واقع عليه على نقطة د، ونخرج من› د، ونفرضها فاصلة لقوس جـ د ه، خطًا مستقيماً إلى و من خط ا ب، فهو العمود الخارج من الناظر إلى مركز قاعدة الشعاع التي قطرها خط ا ب. وقوس جـ د ه أصغر من نصف دائرة كثيراً لأن منه الناظر. لذلك فيمكن أن يخرج من جـ إلى خط ا و ومن ه إلى خط ب و ومن كل علامة في قوس جـ د ه خطٌ إلى و. فإذاً

1 هيأ: هئى – 2 علوا: عوا – 8 حدبة: حديد – 10 جـ: جر – 13 ا ب: ب و – 17 نصف: صححها في الهامش، لكن قد تقرأ «نصب» – 18 إلى خط ب و: خط إل و.

قد خرج من جميع ⟨قوس قطعة⟩ سطح كرة جـ د ه شعاعٌ إلى علامة و. ⟨ونخرج من علامة جـ خطًا مماسًا لسطح الكرة إلى علامة ز من خط ا ب، فيمكن أن يخرج من علامة جـ شعاع إلى جميع العلامات التي فيما بين و وز⟩. فأما جميع العلامات التي فيما بين ز وب، فليس يمكن أن يخرج من علامة جـ إليها خطوطٌ، لأنها تقطع حدبة قوس جـ د، لأن ز - إذا كانت آخرها - يمكن أن يخرج منها خطٌ إلى ز، فإنه لا يمكن أن يخرج من جـ خط إلى علامة غير علامة ز من خط ز ب إلا قطعت قوس جـ د، فسترت حدبته هذه الشعاع من أن يقع من جـ عليها. وكذلك النقط التي دون جـ من قوس جـ د - التي هي نهاية الموضع الذي يمكن أن يخرج منه خط إلى علامة ز من / خط و ب - كعلامة ح، لا يمكن أن يخرج منها خط إلى علامة فيما بين ز وب. فإذاً كل النقط التي هي أقرب إلى ب، فإن الذي يقع عليها من الشعاع أقلّ مما يقع على نقطة و. وكذلك التدبير في خط و ا وفي جميع سطح قاعدة صنوبرة جـ ا ب ه. فإذاً الذي يقع على علامة و من الشعاع أكثر مما يقع على كل موضع من سطح قاعدة الصنوبرة التي قطرها خط ا ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن. ٧١-و

وقول أوقليدس: إن البصر يقع على شيء ⟨شيء⟩ إنما صير برهانه عليه دعواه، لأنه قال: أعظام ب ه ه ا ا د د ز يقع البصر هاهنا أوّلاً على ب ه ثم ينتقل إلى ه ا ثم إلى ⟨ا د ثم إلى⟩ د ز، فليس يرى دفعة. فلم يعطنا في البرهان شيئًا أكثر من دعواه التي ادعى.

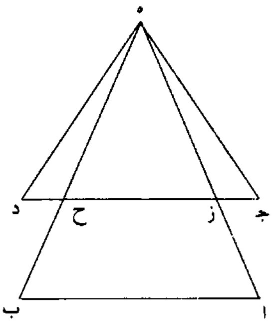
- ب - المقادير المتساوية المختلفة الأبعاد، أقربها من البصر يُرى أبين وأصدق رؤية إذا كانت الخطوط المستقيمة الخارجة إليها من الناظر تفصلُ كلَّ واحد منها بنصفين على زوايا قائمة.

مثال ذلك: مقدار ا ب أبعد من البصر من مقدار جـ د، وهما متساويان، والبصر نقطة ه، والخط المستقيم الخارج من الناظر إلى أحدهما

5 ز: جـ - 6 منها: منه / ز: و - 7 ز: و / ز ب: و - 11 النقط: النقطه.

ويفصله بنصفين على زوايا قائمة يفصلُ كلَّ واحد منها بنصفين على زوايا قائمة.

فأقول: إن مقدار جـ د الأقرب من الناظر يرى أبين وأصدق رؤية من مقدار ا ب الأبعد من الناظر.



برهان ذلك: أن زاوية جـ ه د أعظم من زاوية ا ه ب، فالشعاع الواقع على ا ب هو الشعاع الواقع على ز ح من خط جـ د، والشعاع الواقع على ح د وعلى جـ ز زيادة على الشعاع الواقع على ا ب، فالشعاع الواقع على جـ د الأقرب من ه المساوي لعظم ا ب أكثر من الشعاع الواقع على ا ب. فإذاً الشعاع الواقع على / جـ د أكثف وأشدّ نوراً. والأشياء التي في النور ٧١-ظ الشديد ترى أبين، فعظم جـ د يرى أبين من عظم ا ب المساوي له وأصدق ⟨رؤية⟩؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– جـ – كلُّ منظور إليه فله غاية من البعد إذا جاوزها لم يبصر.

أما أوقليدس، فذكر أن ذلك لتلاشي الزاوية وبطلانها، أيْ أن المنظور إليه لا يقع عليه شعاع بتّة، ولهذه العلّة أقدم خطأ عظيمًا ليصحّ له هذا الشكل عند نفسه. وذلك أنه قدّم أن الشعاع المنبث من البصر هو خطوط لا نهاية لها في العدد بينها فروج لا شعاع فيها، فأوجب محالاً، إذ أوجب أن خطوطًا بالفعل بلا نهاية في العدد موجودة؛ وهذا محال أن يكون

8 لعظم: العظم / ا ب (الأولى): ب – 14-15 شعاع بتة ... قدم أن: أثبتها في الهامش مع بيان موضعها – 14 ليصح: اليصح – 16 فروج: فرج – 17 موجودة: موجود.

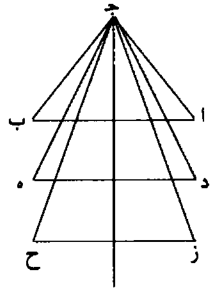
شيء لا نهاية له بالفعل بالمقاييس الفلسفية الواضحة كما بيّنّا في غير موضع من أقاويلنا الفلسفية. وأيضًا، فإنه زعم أن هذا الشعاع منتهى هيئة شكل صنوبريّ من هذه الخطوط، قاعدته هيئة سطح دائرة مملوءة نقطًا بينها فروج، هي نهايات تلك الخطوط. ثم قال: ما وقع عليه الشعاع أبصر وما لم يقع ‹عليه› لم يبصر. والنقط عنده وعند كلّ رياضي وفيلسوف فإن لا جزء لها أي لا طول ولا عرض ولا عمق، وما لا طول له ولا عرض ‹ولا عمق› لا يدركه البصر، لأنه إنما يدرك ألوان الأجسام ممتدّةً في مسافة الجسم، فما لا مسافة له فلا لون له ولا يدركه البصر. فإذاً إذا كان عنده أن هذه النقط لا أجزاء لها فهي غير مبصرة؛ وقد قال إنها مبصرة، فهي إذاً مبصرة لا مبصرة، وهذا من أشنع المحال وأقبحه. وأيضًا لو سلّم أن خطوط الشعاعات أعمدة لنهاياتها طول وعرض إلاّ أن بينها فروج لا شعاع فيها، كما ادّعى، لم يكن يرى جسم متصل، بل كان يُرى نقطٌ أبداً بينها فروج لا يدركها الحسّ البصريّ. والمُدرك خلاف ذلك، إذ كل محسوس بالبصر محسوس شيء من متصل غير منقطع. فإذاً يجب من قوله إنه محسوس متصل لا محسوس متصل. وإنما قدم أن الشعاع المنبث من الناظر كخطوط بينها فروج ليصح له عند نفسه: أن المنظور إليه إذا صار بين خطين من خطوط الشعاع لا يماسان نهايتيه فلم يقع عليه / من ٧٢-و الشعاع شيء لم يبصر. وقد كان بالحقّ غنيًا عن استشهاد الباطل.

وأما نحن فنقول: إن العلّة في ذلك صغرُ الزاوية التي تحيط بنهايات المنظور إليه حتى تصير في قدر بَعْدَه لا يُرى بها محسوس. وقد وافقنا على ذلك مبرزو الرياضيين المتقدمين لأن السالكين أقصد السبيل إلى غاية واحدة من مبتدإٍ واحد، فباضطرار أن يطأ الأخير أثر الأوّل قبل أن يعلم الأخير فعل الأوّل؛ ‹و›منهم بطلميوس القلوذي الوافي علم الرياضيات والمستعمل في شرائطه وبراهينه الشرائط والبراهين الفلسفية في الرياضيات، والقافي أثره المبرزُ في الرياضيات أيضًا ثاون الإسكندراني.

مثال ذلك: خط ا ب نُظر إليه من جـ بزاوية ب جـ ا، ثم بوعد إلى موضع ه د فأبصر بزاوية ه جـ د. وزاوية ه جـ د أصغر من زاوية ب جـ ا؛

4 فروج: فرج / نهايات: نهليات، ثم أثبت الصواب في الهامش – 6 فإن: بام / لا طول: لخطوط – 9 أجزاء: جزا – 11 لنهاياتها: انهاياتها – 20 بعده لا يرى: البُعدة لير / وافقنا: دافعنا – 21 مبرزو: مبرزوا / أقصد السبيل: من تعبيرات الكندي، انظر *الصناعة العظمى* ص. ١٢٩ – 26 بوعد: توعد.

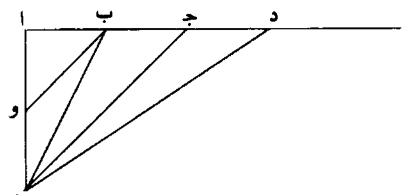
والذي يُرى بزاوية أصغر يظهر أصغر. فإن بوعد إلى موضع ز ح، رئي بزاوية ز جـ ح، وهي أصغر من زاوية ه جـ د. فلا يزال كلما بوعد صغرت الزاوية وصغر شخصه، فلا يزال يصغر حتى يصير شخصه لا يدركه الحسّ لصغر الزاوية جداً، لأن الزاوية في تلك الحال كأنها شيء في ليس وقدرُها في البعد من المنظور إليه ليس وكأن خطيها المتصلين على نقطة الناظر ليس بينهما بعد؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.



– د – كل مقادير متساوية على خط واحد يخرج من الناظر إلى نهاية أولها عمود، فإن الذي سمت الشعاع إليه أطول يرى أقصر.

مثال ذلك: أن نفرض أقدار ا ب ب جـ جـ د من قدر ا د متساوية، ونفرض خط ا ه / عموداً على علامة آ من خط ا د، ونفرض الناظر ه، ٧٢-ظ ونخرج شعاعات على سمت خطوط مستقيمة ه ب ه جـ ه د.

فأقول: إن قدر ا ب يُرى من ه أعظم من قدر جـ د.



برهان ذلك: أن نخرج من علامة ب في مثلث ا ب ه خطاً موازياً لخط جـ ه ينتهي إلى خط ا ه عند علامة و، فقدر خط ا ه عند خط ا و كخط

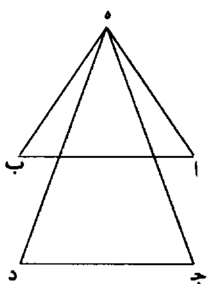
10 ونفرض (الأولى)؛ ويفرض – 12 ا ب: ب.

ا جـ عند ا ب. وإن فصلنا، فخط ا و عند خط و ه كخط ا ب عند خط ب جـ. وخط ا ب مساوٍ خط ب جـ، فخط ا و مساوٍ خط و ه، وخط و ب يقوى على خطي ا و ا ب، فخط ب و أعظم من خط ا و. ف ب و إذاً أعظم من خط ه و. والوتر الأعظم من كل مثلث يوتر الزاوية العظمى، فزاوية و ه ب التي يوترها ب و الأعظم أعظمُ من زاوية و ب ه التي يوترها خط ه و الأصغر. وزاوية ه ب و مساوية لزاوية ب ه جـ، فزاوية ب ه جـ أصغر من زاوية و ه ب، ‹وقدر ا ب› يُرى بزاوية ا ه ب العظمى، وقدر ب جـ يُرى بزاوية ب ه جـ الصغرى. والذي يُرى بالزاوية الصغرى يُرى أصغر، فقدر ب جـ يُرى من ه أصغر من قدر ا ب. وبهذا التدبير نبيّن أن قدر جـ د يُرى أصغر من قدر ب جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ه – الأقدار المتساوية المختلفة الأبعاد المتوازية، إذا نُظر إليها من موضع يخرج منه إليها عمودٌ، فإن أقربها من العين يُرى أعظمها.

مثال ذلك: أن نفرض العظمين ‹المتساويين و›المتوازيين قدري ا ب وجـ د، ونفرض جـ في جهة ا، ونفرض موضع الناظر علامة ه، ويمكن أن يخرج منها عمودٌ إلى عظمي ا ب وجـ د. ونفرض ا ب أقرب إلى الناظر الذي هو علامة ه.

فأقول: إن ا ب يُرى من ه أعظم من جـ د.



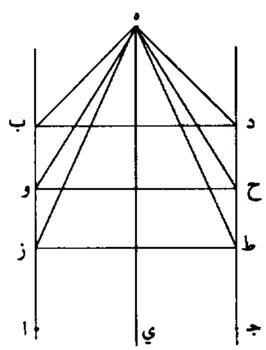
4 يوتر: توتر – 5 يوترها: توترها – 6 مساوية: مساو – 14 مثال: بامثال.

برهان ذلك: أن نخـــرج خطي ا ه ب ه مستقيمين وخطي جـ ه د ه مستقيمين، / فزاوية ا ه ب أعظم من زاوية جـ ه د. وا ب يرى بزاوية ٧٣-و ا ه ب ‹العظمى› وجـ د يُرى بزاوية جـ ه د الصغرى. والذي يرى بزاوية أعظم يرى أعظم، فإذاً ا ب يرى بزاوية ا ه ب العظمى، فهو يرى أعظم من جـ د، وهو مساوٍ له بالحقيقة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– و – الخطان المتوازيان – اللذان موضع الناظر منهما على الخط القاسم البعد الذي بينهما الموازي لهما – ترى أبعاد ما بينهما مختلفة الطول، وأبعدها من الناظر يرى أشدّ تقارباً وأقربها من الناظر يرى أشد تباعداً.

مثال ذلك: أن نفرض الخطين المتوازيين خطي ا ب وجـ د، ونفرض جـ في جهة ا وموضعَ الناظر ه، ونفرض ه على الخط المستقيم القاسم البعد الذي بين خطي ا ب وجـ د، وهو خط ه ي، ونخرج خطوطاً مستقيمة تقاطع خطي ا ب وجـ د على زوايا قائمة، فهي متوازية، وهي أبعاد ب د و ح ز ط.

فأقول: إن علامتي ب د ترى أشدّ تباعداً من علامتي و ح وو ح ترى أشدّ ‹تباعداً› من علامتي ز ط؛ وز ط أبعد من ه من و ح، وو ح أبعد من ه من ب د.



15 ترى (الأولى والثانية): يرى، والجمع هنا جائز على تقدير أن أقلّ الجمع اثنان ولن نشير إلى مثلها فيما بعد – 16 وز ط: المقصود هنا «إذا كانت ز ط» أو «إذ أن ز ط».

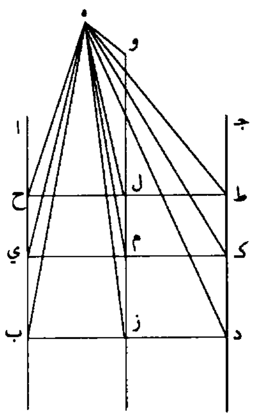
برهان ذلك: أن ب د يرى من ه بزاوية ب ه د العظمى وو ح يرى من ه بزاوية و ه ح التي هي أصغر من زاوية ب ه د وز ط يرى من ه بزاوية ز ه ط التي هي أصغر من زاوية د ه ح. فإذاً ب د يرى أعظم من و ح وو ح يرى أعظم من ز ط، لأن ما رئي بزاوية عظمى يرى أعظم وما رئي بزاوية صغرى يرى أصغر. والأعظم ترى نهاياته أشدّ تباعداً من نهايات الأصغر، فعلامتا ب ود اللتان هما أقرب من الناظر تريان أشدّ تباعداً / من علامتي و ح اللتين هما أبعد من الناظر إذ يرى و ح أصغر من ب د. ٧٣-ظ وبهذا التدبير نبيّن أن علامتي و ح تريان أشدّ تباعداً من علامتي ز ط اللتين هما أبعد من ه <من> علامتي و ح اللتين هما أقرب منهما إلى علامة ه. فإذاً علامتا ب د تريان أشدّ تباعداً من علامتي ز ط إذا كان الناظر على علامة ه، وذلك ما أردنا أن نبين.

- ز - كل خطين مستقيمين متوازيين، وضع الناظر منهما على <خط يوازي> الخط القاسم البعد الذي بينهما الموازي لهما، والناظر أعلى منهما، أعني يمكن أن يخرج منه عمود إلى الخط القاسم البعد الذي بينهما الموازي لهما في سطح الخطين المتوازيين، فإنه يرى أبعاد ما بينهما مختلفة الطول، وأبعدها من الناظر يرى أشدّ تقارباً وأقربها من الناظر يرى أشدّ تباعداً.

مثال ذلك: أن نفرض الخطين المتوازيين خطي ا ب جـ د، ونفرض جـ في جهة ا وموضعَ الناظر علامة <ه>، ونفرض ه أعلى من الخطين المتوازيين، أعني يمكن أن يخرج منها عمود إلى الخط القاسم البعد الذي بين خطي ا ب جـ د المستقيمين المتوازيين الموازي لهما وفي سطحهما وهو عمود ه و، ونفرض الخط القاسم البعد الذي بين متوازيي ا ب جـ د خط و ز، ونخرج خطوطاً من خط ا ب إلى خط جـ د تقاطعهما على زوايا قائمة وتقطع خط و ز على زوايا قائمة، وهي خطوط: ح ط - وهو الأقرب من ه

2 و ه ح: د ه ح – 13 البعد: للبعد، «القاسم البعد» هو تعبير الكندي عادةً وهو الأفصح / أعلى: اعلا، ولن نشير إليها فيما بعد – 14 البعد: للبعد – 24 وتقطع: ويقطع.

– ثم خط ي ك ثم خط ب د ، ونتعلم حيث قاطع خط و ز خط ح ط علامة ل، وحيث قاطع خط ي ك خط و ز علامة م و‹حيث قاطع› خطُ ب د خطَّ و ز علامة ز. فخطوط ه ل ه م ه ز أعمدة على خطوط ح ط ي ك ب د. ونخرج خطوط ه ط ه ك ه د ه ح ه ي ه ب، فزاوية ه ل ح قائمة وزاوية ه م ي قائمة وزاوية / ه ز ب قائمة، وخطوط ح ل ي م ب ز ٧٤-و متساوية، وخط و ز أعظم من خط و م، ‹فخط ه ز أعظم من خط ه م›، فزاوية ب ه ز أصغر من زاوية ي ه م وزاوية ب ه د ضعف زاوية ب ه ز. وكذلك زاوية ي ه ك ضعف زاوية ي ه م، فإذاً خط ب د يرى من ه أصغر من خط ي ك، لأن الذي يرى بالزاوية الصغرى يرى أصغر. وبهذا التدبير نبيّن أن زاوية ي ه ك أصغر من زاوية ح ه ط، فخط ي ك يرى من ه أصغر من خط ح ط؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

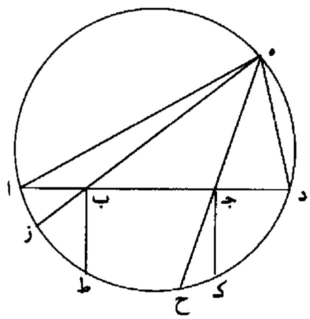


– ح – المقادير المتساوية الموضوعة في أماكن متفرقة مختلفة البعد من البصر من خط مستقيم واحد، إذا كان الناظر من ذلك الخط في موضع

يمكن أن يخرج منه إلى نهايات المقادير المتباعدة خطوطٌ مستقيمة تقاطع ذلك الخط الذي المقداران منه أو عليه، ترى مختلفة في العظم.

مثال ذلك: أن نفرض المقدارين المتساويين خطي ا ب جـ د من خط ا ب جـ د المستقيم والناظرَ علامة ‹ﻫ›. ويمكن أن يخرج من علامة ﻫ خطوطٌ تقاطع خط ا د على علامتي ا د.

فأقول: إن مقداري ا ب جـ د يريان من علامة ﻫ مختلفي الأقدار.



برهان ذلك: أن نخرج خطي ا ﻫ ﻫ د مستقيمين ونخطُّ على مثلث ا د ﻫ دائرة ا د ﻫ، ونخرج من ﻫ إلى ب خطًا مستقيماً ينتهي، من قوس ا د، إلى علامة ز، ومن ‹ﻫ› إلى جـ خطًا مستقيماً ينتهي، من قوس ز د، إلى علامة ح، ونقيم على ب عموداً ينتهي إلى ط من قوس د ح ز وعلى جـ عموداً ينتهي إلى ك من قوس ز ح د. فقدر ا ب نهايتا الشعاع المحيط به خطا ا ﻫ ز ﻫ، وقدر جـ د نهايتا الشعاع المحيط به ﻫ ح ﻫ د. وا ب مثل جـ د، فعمود ب ط مثل عمود جـ ك، فقوس ا ز ط مثل قوس د ك وقوس ا ز أصغر من قوس د ك وقوس د ك أصغر / من قوس د ك ح، فقوس ا ز ٧٤-ظ أصغر من قوس د ك ح كثيراً. والزوايا التي تقع في الدائرة على محيطها نسب بعضها إلى بعض كنسب قواعدها من القسي بعضها إلى بعض.

2 المقداران: والصواب «المقادير» حتى تتسق الدعوى. ولا يمكن افتراض هذا من عمل الناسخ لأن الكندي سيقتصر في المثال على مقدارين – 5 على: عي – 7 مستقيمين: مستقيمان – 12 ﻫ ح: ﻫ جـ – 16 نسب: نسبة / كنسب: كنسبة.

فنسبة زاوية د ه ح التي تحيط بعظم جـ د إلى زاوية ا ه ز التي تحيط بعظم ا ب كنسبة قوس د كـ ح إلى قوس ز ا. وقوس د كـ ح أعظم كثيراً من قوس ز ا، فزاوية د ه ح المحيطة بعظم د جـ أعظم كثيراً من زاوية ا ه ز المحيطة بعظم ب ا. والذي يبصر بزاوية أعظم يرى أعظم. فإذاً جـ د الذي ‹يرى› بزاوية جـ ه د العظمى يرى أعظم من ا ب الذي ‹يرى› بزاوية ا ه ب الصغرى؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ط – الأقدار المتساوية المتوازية المختلفة الأبعاد التي على سطح واحد، ‹لا› ترى أقدارها على قدر نسبة أبعادها.

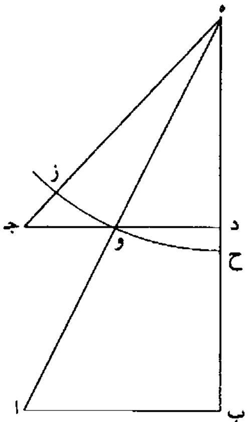
مثال ذلك: أن نفرض القدرين المتساويين المتوازيين خطي ا ب جـ د والبصرَ علامة ه، ولنفرض ه مع د ب في خط سطح واحد وهو خط ه ب، ونخرج خطي جـ ه ه ا، ونتعلم حيث قاطع ه ا خط جـ د – إذ جـ د أقرب إلى ه من خط ا ب – علامة و. ونخطُّ على مركز ه وببعد ه و قطعة من دائرة تنتهي إلى ز من خط جـ ه وإلى ح من خط ب ه. فقدر جـ د الأقرب يبصر بالشعاع الذي نهايتاه خطا جـ ه د ه، وقدر ا ب الأبعد يبصر بالشعاع الذي نهايتاه خطا ا ه ه ب.

فأقول: إن قدر جـ د يرى من ه أعظم مما يرى قدر ا ب بنسبة أقلّ من نسبة بعد ا ب الذي هو ب ه إلى بعد جـ د الذي هو د ه.

برهان ذلك: أن مثلث ه جـ و أعظم من قطاع ه ز و ومثلث ه و د أصغرُ من قطاع ه و ح، فنسبة مثلث ه جـ و إلى قطاع ه ز و أعظم من نسبة مثلث ه و د إلى قطاع ه و ح. وإن بدلنا فإن نسبة مثلث ه جـ و إلى مثلث ه و د أعظم من نسبة قطاع ه ز د إلى قطاع ه و ح. وإن ركبنا فإن نسبة مثلث ه جـ د إلى مثلث ه و د أعظم من نسبة قطاع ه ز ح إلى قطاع ه و ح. ونسبة / قطاع ه ز ح إلى قطاع ه و ح كنسبة زاوية جـ ه د إلى ٧٥-و

1-3 بعظم جـ د ... أعظم: أثبتها في الهامش مع بيان موضعها – 1 ا ه ز: ا ه – 3 المحيطة: المحيط – 4 المحيطة: المحيط – 18 ه جـ و: ه جـ د – 19 ه جـ و: ه جـ / ه ز و: ه ز د – 20 بدلنا: يدليان.

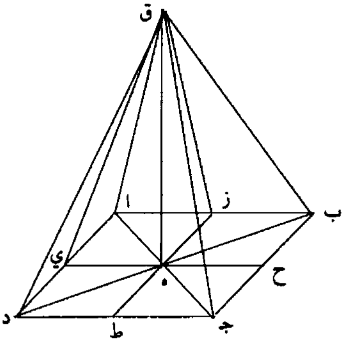
زاوية ا ه ب، ونسبة مثلث ه جـ د إلى مثلث ه و د كنسبة خط جـ د إلى خط و د. وجـ د مثل ا ب، فنسبة مثلث ه جـ د إلى مثلث ه و د كنسبة خط ا ب إلى خط و د. ونسبة خط ا ب إلى خط و د كنسبة خط ب ه إلى خط ه د، فنسبة ب ه الذي هو بعد خط ا ب إلى د ه الذي هو بعد خط ⟨د جـ⟩ أعظم من نسبة قطاع ه ز ح ⟨إلى قطاع ه و ح⟩، فنسبة بعد ب ه إلى بعد ه د أعظم من نسبة زاوية ا ه ب إلى زاوية جـ ه د. وا ب يرى بزاوية ا ه ب وجـ د يرى بزاوية جـ ه د، فإذاً نسبة بعد ا ب – الذي هو خط ب ه – إلى بعد جـ د – الذي هو خط د ه – أعظم مما يرى ا ب عند جـ د؛ وذلك ما أردنا أن نبين.



– ي – الأشكال ذوات الزوايا ترى من بُعْد مستديرة.

ليس للعلّة التي ذكر أوقليدس فإنها واضحةُ الخطأ لا برهان لها؛ ولكن إذا كان المنظور إليه من البعد لا يكون للأبعاد التي تخرج من وسطه إلى زواياه وأوساط أضلاعه من الاختلاف قدر في الحس، رئي مستديراً.

10-9 مما يرى ... جـ د: المقصود «أعظم مما يرى من ا ب عند ما يرى من جـ د»، وآثرنا تركها على حالها 10– الزوايا: الرويا.



مثال ذلك: أن نفرض الشكل ذا الزوايا شكل ا ب جـ د، فأقول: إن العلامة التي تتقاطع عليها الخطوط الخارجة من الزوايا وأنصاف الأضلاع كعلامة ه، إذا أخرج منها عمود ‹على سطح ا ب جـ د› كخط ه ق فكان فضل خطوط ا ه ه جـ ه ب ه د على الخطوط المنصفة للأضلاع التي هي خطوط ه ز ه ح ه ط ه ي ليس لها قدر محسوس ‹عند البصر›، رئي مربع ا ب جـ د مستديراً. لأن ‹زاوية› ا ه ق من مثلث ا ه ق يوترها خط ا ق، فـ ا ق قويٌ على خطي ا ه ق ه، وكذلك خط ق ز قويٌ على خطي ز ه ه ق. فإذا لم يكن لجذر ما يكون من ضرب خطي ه ق ه ا كل واحد منهما في نفسه فضل على جذر ما يكون من ‹ضرب› خطي ه ق ه ز كل واحد ‹منهما› في نفسه، فخط ‹ه ز› مساوٍ في الحسّ لخط ه ا، لأن خط ه ق مشترك، فتبقى زاوية، خطاها متساويان في الحسّ. والخطوط المتساوية الخارجة / من نقطة تمرّ عليها دائرة مركزها تلك النقطة وبعدها أحد تلك ٧٥-ظ الخطوط، فإن أبعاد كل نهاية من خطوط ا ب ب جـ جـ د د ا من علامة ه متساوية، فإذاً شكل ا ب جـ د يرى مستديراً؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

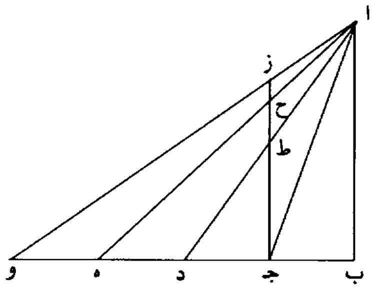
- يا - السطوح التي تحت البصر في سطح واحد فأبعدها من البصر يرى أرفع مما هو أقرب إلى البصر.

مثال ذلك: أن نفرض البصر علامة ا، ونفرضه أرفع من سطح ب و،

3 ه ق: ه و - 6 يوترها: توترها - 8 لجذر ما: لجذرما - 11 خطاها: خطان ها - 13 نهاية: علامة - 15 فأبعدها: وابعدها.

ونقسم سطح ب و بفصله خط ب جـ ‹ثم خطوط جـ د د ه ه و›، ونفرض أقسامه السطوح التي عرض أحدها ب جـ والآخر جـ د والآخر د ه والآخر ه و، وهو أبعدها من البصر الذي هو علامة آ.

فأقول: إن السطح الذي عرضه ه و يرى من علامة آ أرفع من السطح الذي عرضه د ه ‹والسطح الذي عرضه د ه يرى› أرفع من السطح الذي عرضه جـ د والسطح الذي عرضه جـ د يرى أرفع من السطح الذي عرضه ب جـ.

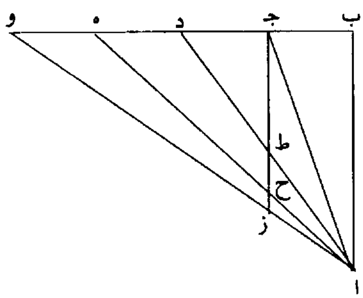


برهان ذلك: أن نخرج من آ إلى ب خطًا مستقيمًا، ونخرج خطوط آ و آ ه آ د آ جـ مستقيمة ونفرضها الشعاعات. فالعظم الذي تحيط به هو نهايتا الشعاع المحيط به. ‹ونهايتا الشعاع الذي يرى به ه و› خطا آ و آ ه، ونهايتا الشعاع الذي يرى به د ه خطا آ ه آ د، ونهايتا الشعاع الذي يرى به جـ د خطا آ د آ جـ، ونهايتا الشعاع الذي يرى به ب جـ خطا آ جـ آ ب. ونقيم على جـ عموداً ينتهي إلى ز من خط آ و، ونتعلم حيث قاطع ز جـ خط آ ه علامة ح، وحيث قاطع خط ز جـ خط آ د علامة ط. فعلامة جـ ترى بخط آ جـ، وعلامة د ترى بخط آ ط د؛ ويرى من علامة ‹آ علامة› ح أرفعَ من علامة ط بقدر خط ط ح. وعلامة ه ترى من علامة آ بخط آ ح ه، فعلامة ه ترى أميل إلى جهةٍ التي هي العلو بقدر خط ط ح.

2 والآخر (الأولى): وللاخر – 8 آ و: ا د – 16 آ: ح.

وعلامة و ترى مع علامة ز، فشعاع ا ز و أرفع من ح بقدر خط ز ح، فعلامة و / ترى أرفع، أعني أميل إلى جهة ا من علامة ح بخط ح ز، فهي و - ٧٦ ترى أرفع من ه بخط ح ز، فإذاً و ترى أميل إلى جهة التي هي العلوّ من ه وه أميل من د ود من جـ وجـ من ب بهذا التدبير. فإذاً أبعد المواضع والسطوح التي عرضها جميعًا <على> خط ب و ترى أعلى، أعني أميل إلى جهة ا، مما هو أقرب من جهة ا من العلامات التي في خط ب و؛ <و>ذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يب – وهنالك نبيّن بمثل هذا الشكل سواء: أن الأعظام التي هي أعلى من البصر التي في خط واحد مستقيم، أبعدها من البصر يرى أهبط مما قرب منه.



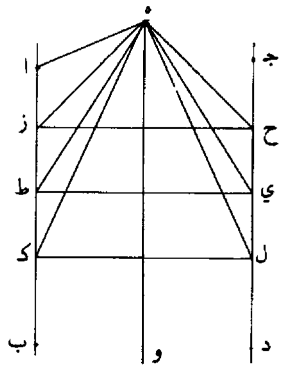
برهان ذلك: أنّا نعيد هذا الشكل بعينه، ونفرض ا موضع الناظر، وهي أسفل من الأعظام التي هي ب جـ جـ د د ه ه و وهي في خط واحد مستقيم، أعني خط ب و. فـ و ترى أميل إلى جهة ا من ه وه من د ود من جـ وجـ من ب؛ فـ و ترى من ا أهبط من ه وه من د ود من جـ وجـ من ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

2 بخط: لخط – 3 ترى (الأولى): ير – 4 التدبير: البدبين – 12 ه و: و.

– يج – المقادير ‹المتساوية› المتباعدة عن البصر التي يمكن أن يخرج من الناظر خط مستقيم يفصل البعد الذي بين المقدارين ويكون موازياً للخطين المستقيمين المتوازيين اللذين عليهما المقداران، ‹فإن› المتيامن منهما يرى متياسراً والمتياسر يرى متيامناً.

مثال ذلك: أن نفرض المقدارين خطي اب جـد، ونفرض د في جهة ب.

فأقول: إن ب ترى متياسرة عن د ود ترى متيامنة عن ب من موضع ما. ونفرض الموضع الذي منه النظر علامة ه، ونفرضه على خط مستقيم موازٍ لخطي اب جـد، ونفرض الناظر علامة ه والخط الخارج من ه الفاصل لبعد ما بين اب جـد المستقيمَ الموازي لخطي اب جـد / ه و. فأقول: إن ٧٦-ظ د ترى متيامنة عن ب وب متياسرة عن د.



برهان ذلك: أن نخرج خطوطاً متوازية واقعة من قدري اب جـد على زوايا قائمة، وهي خطوط زح طي كـل. وز ط كـ من خط اب. فـز ترى أميل إلى خط جـد من ا، وط ترى أميل إلى جهة خط جـد من ز، وكـ ترى أميل إلى جهة جـد من ط، فلا يزال كذلك؛ كلما بعد الخط من ا، رئي أميل إلى جهة جـد من و ه.

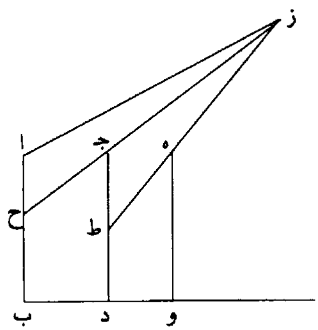
8 الفاصل: الفاضل – 12 ط ي: داي / كـ: كل، ثم صححها في الهامش.

وبهذا التدبير ترى د أقرب إلى ‹و› من ل. فإذاً ب ترى متيامنة عن د ود ترى متياسرة عن ب. ‹و›إذا كانت ب ود مرتبتهما في البعد من ه مختلفة، فإن ب إن كانت أبعد من د رئيت متياسرة عن د، وإن كانت ‹د› أبعد من ب رئيت متيامنة عن ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يد – الأعمدة المتساوية التي على سطح الأفق، والبصرُ أعلى منها وخارجٌ عن سمتها، يُرى الأبعد منها عن البصر أطول مما هو أقرب منه ‹إلى› البصر.

مثال ذلك: أن نفرض الأعمدة المتساوية القائمة على الأفق أعمدة ا ب جـ د ه و والبصرَ علامة ز خارجًا عن سمتها.

فأقول: إن ا ب الأبعد من ز يرى أطول من جـ د الأقرب من ز منه، وجـ د الأبعد من ز من ه و يُرى أطول من ه و الأقرب من ز من جـ د.



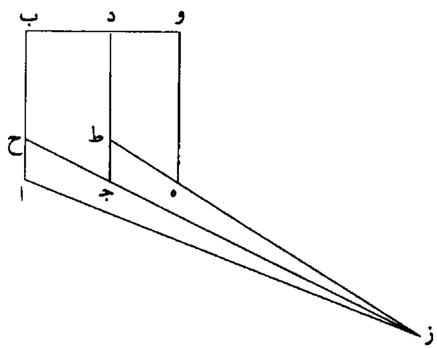
برهان ذلك: أن نفرض خطوط الشعاعات الواقعة على أطراف الأعمدة خطوط ز ا ز جـ ز ه المستقيمة. ونخرج خط ز جـ على استقامة من علامة جـ إلى علامة ح من خط ا ب و‹خط› ز ه على استقامة من علامة ‹ه› إلى علامة ط من خط جـ د. فعلامة ح ترى مع علامة جـ بشعاع ز جـ ح /

1 ل: د – 5 يد: أثبتها في الهامش مع بيان موضعها – 11 ز من (الأولى): أثبتها في الهامش مع بيان موضعها – 13 ز ه: د ه.

‹فعلامة آ› أرفع من ح بخط ا ح، فخط ا ب يرى أطول من خط جـ د بخط ٧٧ - و ا ح. وعلامة ط من خط جـ د ترى مع علامة ه بشعاع ز ه ط. فـ جـ ترى أرفع من ط بخط جـ ط، فـ جـ د يرى أطول من خط ه و بخط جـ ط. فـ ا ب يرى من ز أطول من جـ د، ‹وجـ د› يرى من ز أطول من ه و؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يه – وهنالك نبيّن أنه إن كانت أعمدة متساوية على سطح موازٍ للأفق معلّقة به، وهي أعلى من البصر، والبصر خارج عن سمتها، وأطرافها إلى جهة سطح الأفق، فإن الأبعد منها من البصر يرى أطولها وأقرب طرفًا من سطح الأفق، والذي يليه يرى أطول وأقرب طرفًا من سطح الأفق من الذي هو أقرب إلى البصر منه ‹وأقربها من البصر يرى أصغرها›.

مثال ذلك: الشكل الذي قدمنا. فنفرض جهة سطح الأفق جهة ا جـ ه والسطحَ الموازي للأفق المعلّق به الأعمدة المتساوية سطحَ ب د و والبصرَ الذي أسفل من أطراف الأعمدة التي في جهة سطح الأفق علامة ز، وز خارجة عن سمت أعمدة ا ب جـ د ه و.



فأقول: إن ‹ا ب› يرى أطول من جـ د وأقرب إلى سطح الأفق من جـ د، وجـ د يرى أطول من ه و وجـ د أقرب إلى سطح الأفق من ه و، لأن

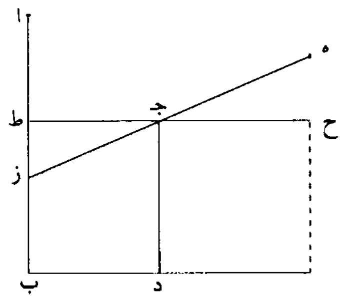
3 جـ ط (الثانية)؛ خط – 6 موازٍ؛ موازي – 8 أطولها؛ أطول لها – 16 وجـ د (الثانية)؛ وحـ.

ا ب يرى أطول من جـ د بخط ا ح وأقرب إلى سطح الأفق بذلك القدر، وجـ د يرى أطول من ه و بخط جـ ط وأقرب إلى سطح الأفق بخط جـ ط. والتدبير واحد؛ وهو ما أردنا أن نبيّن.

– يو – كل عمودين مختلفين على سطح الأفق أو على سطح موازٍ لسطح الأفق، ‹و›البصر أعلى منهما وخارج عن سمتهما، والأبعد منهما من البصر أطول من الأقرب منهما من البصر، كان الذي يرى من الأعظم منهما مع رؤية الأصغر أصغرَ قدراً مما يرى من الأعظم مع رؤية الأصغر إذا انخفض البصر عن موضعه وهو أعلى من أصغرهما.

مثال ذلك: أن نفرض العمودين اللذين على ‹سطح› الأفق أو على السطح الموازي / للأفق عمودي ا ب جـ د، ونفرض الأقرب منهما من ٧٧-ظ البصر عمود د جـ وجهة الأفق ب د، والبصر عند علامة ه أعلى من أصغرهما وخارج عن سمتهما، وا ب أطول من جـ د.

فأقول: إن الذي يرى من علامة ه – مع رؤية عمود جـ د – من عمود ا ب الأبعد الأعظم أصغر مما يرى من ا ب – مع رؤية عمود جـ د – إذا انخفض البصر من علامة ه إلى جهة ح وهو بَعد أعلى من علامة جـ.



برهان ذلك: أن نفرض الشعاع الخارج من ه إلى جـ خط ه جـ المستقيم، ونخرج ه جـ على استقامة ‹من علامة› جـ إلى علامة ز من خط ا ب، فـ جـ

3 ما: ا.

تـرى مع ز بشعاع ه جـ ز، فالذي يرى مع رؤية عمود جـ د الأصغر من عمود ا ب الأعظم هو خط ب ز. وإن خفضنا ه إلى موضع ح، علت ز إلى موضع ط، لأن جـ يكون مركزاً لخط ط جـ ح، فإذا هبطت ه نحو ح علت ز نحو ط، فإذا صار البصر هابطًا من ه إلى ح خرج الشعاع من ح إلى جـ ومضى على استقامة إلى ط من خط ا ز. وخط ط ب أعظم من ب ز بقدر ط ز، فالذي ‹يرى› مع رؤية جـ د من عمود ا ب، إذا كان البصر على ه، الذي هو ب ز، أصغر مما يرى من عمود ا ب، مع رؤية جـ د، إذا هبط البصر إلى ح، لأن خط ط ب أعظم من خط ز ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يز – إذا كان عمودان على سطح الأفق أو سطح موازٍ للأفق والبصرُ أهبط من أعلى أصغرهما – ‹الذي هو› أقرب إلى البصر – ‹والبصر› خارجٌ عن سمتهما، فإن الذي يرى ‹من أعظمهما› مع رؤية أصغرهما – الذي هو أقرب إلى البصر من أعظمهما الذي هو أبعد من البصر – أكبر مما يرى من أعظمهما الذي هو أبعد من البصر مع رؤية أصغرهما الذي هو أقرب إلى البصر، إذا ارتفع البصر عن موضعه ولم يعلو فوق أقصرهما.

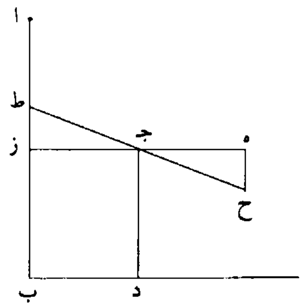
مثال ذلك: / أن نفرض الأعظمَ منهما خط ا ب المستقيم والأقصرَ ٧٨-و منهما جـ د، وب د جهة سطح الأفق أو سطح موازٍ لسطح الأفق وموضعَ البصر علامة ح أهبط من جـ التي هي نهاية أصغرهما في الجوّ، وجـ د أقرب إلى ح من ا ب؛ وح خارجة عن سمتي جـ د ا ب.

فأقول: إن الذي يرى من عمود ا ب الأعظم، مع رؤية عمود جـ د الأصغرَ الأقربَ من ح، أعظمُ مما يرى من عمود ا ب مع عمود جـ د، إذا ارتفعت علامة ح عن موضعها إلى جهة ه.

برهان ذلك: أنا نفرض الشعاع الخارج من ح إلى جـ على استقامة ينتهي إلى ط من خط ا ب، فـ ط ب يرى مع جـ د. فإذا ارتفعت ح إلى جهة ه، انحطت ط إلى جهة ز؛ فإذا صارت ح إلى ه، وه ليست بأرفع من

2 خفضنا: صححها في الهامش – 5 ط ب: طلب / ب ز: بو – 6 ط ز: طو – 8 ط ب: طر ب – 9 للأفق: الافق – 18 خارجة: خارج / سمتي: سمت – 24 ليست: ليس.

جـ، انحطت ط إلى ز، فـ ز ليست بأرفع من جـ، لأن جـ تكون كالمركز لنقطتي ه ز. فإذا ارتفعت ح شيئًا هبطت ط؛ فإذا صارت ح عند ه وصارت ط عند ز، صار ز ب أصغر من ط ب بـ ط ز. فإذاً إذا ارتفع البصر عن ح، رأى من ا ب – مع رؤية جـ د الذي هو ز ب – أقلَّ مما يرى من ح ⟨من⟩ خط ا ب مع رؤية جـ د؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

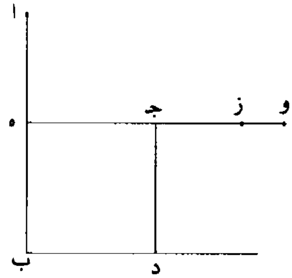


– يح – كل عمودين، أقربهما من البصر أصغرهما، على سطح الأفق أو سطح موازٍ لسطح الأفق، وعلوّ البصر عن الأفق مساوٍ لعلو أصغرهما، والبصر خارج عن سمتهما؛ فإن الذي ⟨يُرى⟩ من أعظمهما مع رؤية أصغرهما – قَرُبَ البصر منهما أو بعد ولم يختلف علوّه عن سطح الأفق – قدرٌ واحدٌ أبداً.

مثال ذلك: أن نفرض العمودين القائمين على سطح الأفق أو السطح الموازي للأفق عمودي ا ب جـ د، ونفرض أقصرهما الذي هو جـ د أقربَ إلى البصر؛ والبصر خارج عن سمتهما، وعلوّه عن السطح الذي عليه العمود أن يكون جـ د الأقصر.

فأقول: إن الذي يُرى من عمود ا ب الأعظم، مع رؤية جـ د الأصغر، من ز / مساوٍ في العلّو لـ جـ د – قَرُبت ز من جـ أو بَعُدَت كعلامة و، إلا ٧٨-ظ
أن علوّها مساوٍ لعلوّ جـ د – واحدٌ أبداً.

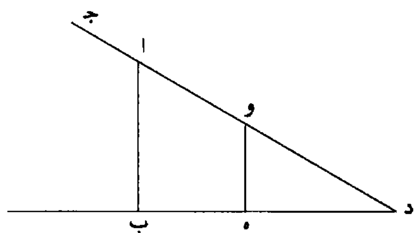
1 ليست: ليس – 2 ارتفعت: اتفعت / ح (الأولى): ه – 3 صار ز ب: ضار ز ت – 14 يكون: يطول – 16 مساوٍ: المساوي – 16-17 إلا أن: الان.



برهان ذلك: أن نخرج شعاع و ز جـ ه على استقامة. فـ ز وو إذا كانتا في علوّ جـ د، فخط ه و موازٍ للأفق، فزاوية د جـ ه قائمة وزاوية ب ه جـ قائمة، فخط ه ب مساوٍ لخط جـ د، والذي يُرى من خط ا ب من علامة ز هو خط ه ب المساوي لخط جـ د، وأيضًا الذي يُرى من خط ا ب، إذا كان البصر على و هو خط ه ب المساوي لـ جـ د.

فتباعد البصر من جـ على خط جـ و أو قرب منها، إنما يرى ب ه من خط ا ب، مع رؤية جـ د. فالذي يُرى من خط ا ب، مع رؤية جـ د، قدر واحدٌ أبداً، وهو خط ب ه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يط – إذا أردنا أن نعلم كمية ارتفاع جسم، فقد يمكن أن يدرك ذلك بالشمس.

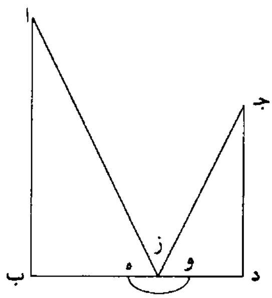


مثال ذلك: أن نفرض الشمس علامة جـ والعمودَ الذي نريد معرفة ارتفاعه عمود ا ب. وشعاع الشمس يخرج من جـ إلى ا على استقامة إلى د، فـ ب د خط في سطح الأفق أو سطح ⟨موازٍ⟩ للأفق وب قاعدة عمود

13 سطح (الثانية): السطح / للأفق: الافق / وب: وب د.

ا ب على ذلك السطح. فظلّ ا ب على الأرض، أعني على السطح الموازي للأفق من الأرض، خط ب د. ثم ننصب عموداً آخر معلومًا أقصر من ا ب على أيّ قدر شئنا، وهو عمود و ه على ظلّ ب د. فقد حدث بالعمود المطلوب ارتفاعه، الذي هو ا ب، وظلّ ب د وقطر ظلّ ا د، مثلثٌ، وبالعمود الذي نصبنا، وهو ه و، وظله الذي هو ه د، وقطر ظلّه الذي هو و د، مثلثٌ، والمثلثان متشابهان، فنسبة د ه المعلوم إلى ه و المعلوم – لأنّا كذلك نفرضهما – كنسبة ب د المعلوم إلى ب ا المجهول. فإذاً ا ب معلوم؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن./

‹كـ› نريد أن نبيّن كيف نجد ارتفاع جسم من غير شمس. ٧٩-و

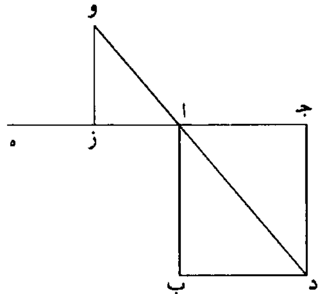


فنفرض الجسم خط ا ب قائمًا على سطح الأفق أو سطح موازٍ للأفق ونضع عموداً معلومًا موازيًا لخط ا ب بأيّ قدر شئنا على خط ذلك السطح، وهو عمود جـ د. ونضع مركز مرآة على الخط الخارج من ب إلى د كقوس ه و ومركزها ز. ونضع الناظر على جـ. ونقدر المرآة تقديراً في تقديمها إلى ب أو تأخيرها عنها ‹حتى› يقع به شعاع جـ ز منعكسًا إلى علامة ا؛ فمثلثا جـ د ز ا ب ز زاويتا ب ود منهما قائمتان، إذ ا ب جـ د عمودان على خط ب د، وزاوية ا ز ب مساوية لزاوية جـ ز د لأن الشعاع

2 خط: لخط – 6 و د: د / متشابهان: متشابها – 7 نفرضهما: نفرضها – 9 من هنا إلى ورقة ٨٨-ظ كتبت المخطوطة بخط آخر – 17 لأن: قد تقرأ «ه ن».

ينعكس عن المرايا على زوايا متساوية، كما قد بيّنا في أقاويلنا الرياضية. فتبقى زاوية ز ا ب مساوية مثل زاوية ز جـ د، فنسبة جـ د المعلوم إلى د ز المعلوم كنسبة ا ب المجهول إلى ب ز المعلوم. فإذاً ا ب معلوم؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

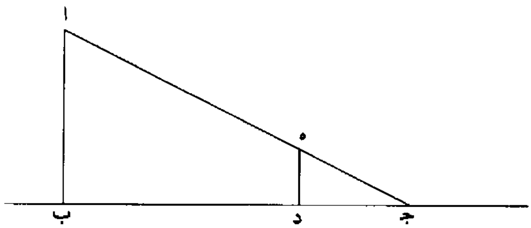
– كا – إذا أردنا أن نجد عمق بئر أو وادٍ أو غير ذلك من العمق، فأننا ننصب على السطح الذي فم العمق معه علىً سطح واحد عموداً، ونضع الناظر على طرف العمود بقدر ما يخرج الشعاع من حرف العمق مما يلي العمود ونهاية الخط – من العمق – المقابل لذلك الخط الذي وقع الشعاع على طرفه من قعر العمق.



مثال ذلك: أن يكون العمق الذي يحيط به عمودا ا ب ‹ا جـ وا جـ› لقطر فمه، الذي هو نهاية قعره خط ب د. ونخرج ا جـ على استقامة من علامة ا إلى علامة ه ونصب علي خط ا ه عمود و ز، ‹ز› من خط ا ه، وننظر من و ونقدّم العمود إلى ه ونؤخره عنها حتى يقع شعاع البصر من و إلي ا ويمرّ على استقامة إلى د. فمثلثا و ز ا ا جـ د متشابهان لأن زاوية و ا ز مساوية / زاوية جـ ا د، لأن خطي و د جـ ز متقاطعان؛ وزاويتا ظ - ٧٩ ا جـ د ا ز و قائمتان لأن و ز وجـ د عمودان على خط ز جـ، فتبقى زاوية ا و ز مساوية زاوية ا د جـ؛ فمثلثا ا و ز ا جـ د متشابهان، فنسبة و ز المعلوم إلى ز ا المعلوم كنسبة جـ د المجهول إلى جـ ا المعلوم، فـ جـ د معلوم؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

2 الرياضية: الرماضية، ثم صححها فوقها – 5 وادٍ: وادي، ولن نشير إليها فيما بعد – 6 ننصب: ينصب / سطح: السطح – 11 على: لعلى – 12 ا ه (الثانية): ه – 13 ونقدم: أثبت الواو فوق السطر – 14 لأن: ه ن – 15 جـ ز: جـ د – 16 ا و ز (الأولى والثانية): ا د ز.

– كب – نريد أن نحدّ عرض وادٍ لا يوصل إلى شطّه الآخر. فنفرض عرض الوادي خط ا ب، ونتعلم على شطّه الذي لا يوصل إليه على قمة ما من مدرة أو شجرة. ثم ننصب عموداً على الشطّ الذي نحن فيه، يكون الخط الخارج من العمود إلى الشجرة أو المدرة يقاطع شطّ الوادي على زوايا قائمة أو خطًا نفرضه على شطّ الوادي مستقيمًا من العمود الذي نصبنا على زوايا قائمة. فنفرض ذلك الخط خط ب جـ، ونخرج من ذلك الخط عموداً، في سطح خط ا جـ وخط ا ب، معلومًا كيف شئنا، وهو خط د ه ودَ من خط ب جـ. ويقدم العمود أو يؤخره عنها حتى يخرج شعاع البصر من جـ على ه ا. فمثلثا جـ د ه جـ ا ب متشابهان، فنسبة جـ د المعلوم إلى د ه المعلوم كنسبة جـ ب المعلوم إلى ا ب المجهول؛ فـ ا ب معلوم؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

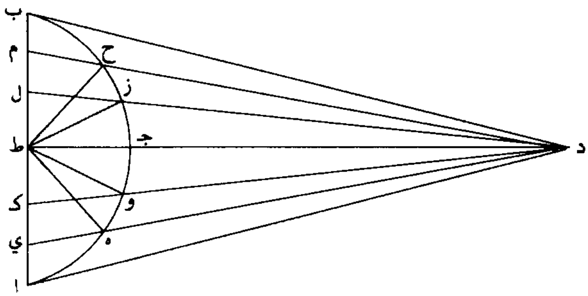


– كج – إذا وقع تحت الناظر قطعةٌ من دائرة في سطح يخرج من مركز الناظر إليها عمودٌ يفصل القوسَ ووترها بنصفين نصفين، فإن قطعة الدائرة ترى خطًا مستقيمًا.

مثال ذلك: أن نفرض قطعة الدائرة قوس ا جـ ب ووترها ا ب ونفرض د موضع الناظر، ونفرض العمود الخارج من مركز الناظر الفاصل لقوس ا جـ ب بنصفين ولوتر ا ب بنصفين في سطح قطعة ا ب جـ خطّ / د جـ ط، ٨٠-و وجَ قد فصلت قوس ا جـ ب بنصفين وطَ قد فصلت خط ا ب بنصفين.

فأقول: إن الناظر من د إلى قوس ا جـ ب يراها خطًا مستقيمًا كخط ا ب.

2 قمة: مة – 9-11 جـ د ه ... أردنا أن: أثبتها في الهامش مع بيان موضعها – 15 قوس: قويين – 20 ا ب: قد تقرأ «اطب».



برهان ذلك: أنا نقسم ‹قوس› ا جـ بنقطتي ه و و‹قوس›جـ ب بنقطتي ز ح، ونخرج خطوط ط ه ط و ط ز ط ح على استقامة، ونخرج ‹من علامة د التي هي البصر خطي د ا د ب مستقيمين، وهما نهايتا الشعاع المحيط بالقوس ونخرج› خط د ه ‹على استقامة› إلى ي من خط ا ط ود و على استقامة إلى ك من خط ي ط، ود ز على استقامة إلى ل من خط ط ب، ود ح على استقامة إلى م من خط ل ب. فزاوية ا د ط أعظم من زاوية ي د ط، وزاوية ي د ط أعظم من زاوية ك د ط. وخط ا ط يرى بزاوية ا د ط وخط ي ط يرى بزاوية ي د ط ويرى معه بها خط ط ه. وخط ك ط يرى بزاوية ك د ط ويرى معه بها خط و ط. فإذاً خط ا ط يرى مساوياً لقوس ا جـ لأن قوس ا جـ وخط ا ط يريان معًا بزاوية ا د ط؛ والتي ترى بزاوية واحدة ترى متساوية، لأن نهاياتها لا يزيد بعضها على بعض.

كذلك خط ي ط وقوس ه جـ يريان جميعًا متساويين لأنهما يريان جميعًا بزاوية ي د ط. وخط ك ط وقوس و جـ يريان جميعًا بزاوية ك د ط، فهما يريان أيضًا متساويين. ‹فقد› تبيّن أن قوس ا جـ ترى مساوية لخط ا ط وراكبة له، إذ هما والناظر في سطح واحد. فإذاً ‹قوس› ا جـ ترى خطًا مستقيمًا، إذ كانت ترى نهاياتها مع نهايات ا ط المستقيم، وراكبة له في سطح واحد مع الناظر، ليس منها جزء خارجًا عن خط ا ط. وبهذا التدبير يبيّن أن قوس جـ ب ترى خطًا مستقيمًا هو ب ط بعينه؛ فإذاً قوس ا جـ ب ‹كلها› ترى خطًا مستقيمًا من د، وهو خط ا ط ب نفسه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

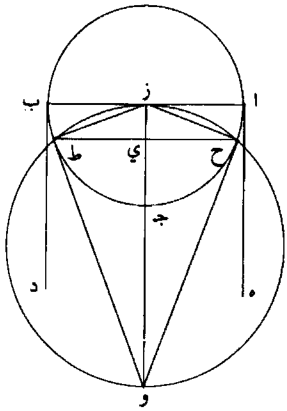
2 ز ح: ر خ – 7 زاوية (الثالثة): روية – 9 فإذاً: فاذا – 15 متساويين: متساويان – 16 فإذاً: فاذا – 18 منها: منهما / خارجًا: وخارجا – 21 نبين: بين.

〈وكـذلك يعـرض في باطن قطعـة الـدائرة إذ كـانت الشـرائط على مـا قدمنا.〉

– كد – كلّ كرة فإن الذي يرى / منها من حيث نظر إليها أقلّ من ٨٠-ظ نصفها والسطح الذي يرى منها تحيط به دائرة.

مثال ذلك: أن نفرض الكرة كرة ا جـ ب وقطرها خط ا ب، ونقيم على ب عمود ب د وعلى ا عمود ا ه.

فأقول: إنّ الذي يرى من كرة ا جـ ب أقلّ من نصفها وإنّ السطح الذي يرى منها تحيط به دائرة.



برهان ذلك: أن زاويتي ب ا ه ا ب د قائمتان، فخطا ا ه ب د متوازيان لا يلتقيان، وإن إخراجًا إخراجًا دائمًا، وهما مماسان لكرة ا جـ ب. ونفرض الناظر علامة و، ونخرج منه عمودًا إلى ز من خط ا ب ونفرضه مركز كرة ا جـ ب؛ فليس يمكن أن يخرج من و خط إلى ا مستقيم ولا إلى ب من و خط مستقيم إلا قطعا قوسي ا جـ ب جـ، لأنه لا يمكن أن يخرج بين خط ا ه المماسّ لدائرة ا جـ ب وبين قوس ا جـ خط مستقيم إلى و إلا قطع قوس ا جـ. وكذلك لا يمكن أن يخرج من و إلى ب خط مستقيم وب د مماسّ لدائرة ب جـ ا إلا قطع قوس ب جـ. والشعاع الخارج إلى الكرة من البصر نهايتاه مماستان للكرة. فليكن خط خارج من و ويماس قوس ا جـ ونفرضه خط و ح، ونفرض ح من قوس ا جـ، وخط 〈آخر〉

1-2 〈...〉: نقل هذه العبارة ابن عيسى فيما نقله من كتاب الكندي، وأتبعها بفقرة قد تكون من الكندي أيضًا؛ انظر note complémentaire – 7 إن: اين / كرة: كدة – 9 فخطا: فخط – 11 ز: و – 13 قوسي: قوس – 14 بين: من / وبين: ومن – 18 و ح: و جـ.

خارج من و يماس قوس ب جـ وهو خط و ط المستقيم، ونفرض ط من قوس ب جـ. فإذاً قوس ح جـ ط أصغر من قوس ا جـ ب. فإذاً ليس يرى نصف الكرة، إذ القطر الفاصل لنصفها خط ا ب والوتر الموازي له الخارج من نهايات الشعاع المماس لكرة ا جـ ب خط ح ط. ونخرج من ح إلى ز خط ح ز مستقيمًا، ومن ط إلى ز خط ط ز مستقيمًا، فزاويتا و ح ز و ط ز متساويتان قائمتان. فإذاً قد تحيط بمثلث ز ح و دائرة هي أيضًا التي تحيط بمثلث ز ط و إذ ‹خط و ز مشترك. و›خطا و ح و ط متساويان، لأن خطي ز ح ز ط متساويان، لأنهما خارجان من مركز واحد إلى محيط دائرتهما، وخط و ز الموتر للزاويتين القائمتين [فتوتر] على ز ح ح و وعلى ز ط ط و - ‹و›ز ح ز ط متساويان، فيبقى ح و مساوياً لـ ط و. فنخط على مثلثي ز ح و ز ط و دائرة تحيط بهما، وهي دائرة ز ح و ط. فإذاً مخروط ز ح و ط ز، إذا أثبت عموده الذي هو و ز وأدير المخروط عليه، دارت نقطة ط على ظاهر الكرة إلى جهة ا ببُعد خط ي ط الذي هو نصف / خط ح ط حتى تنتهي إلى موضع ح، ودارت ح ٨١ - و معها من تحت الكرة ببُعد ي ح حتى تنتهي إلى موضع ط، ثم تنتهي ط من تحت الكرة إلى موضعها الأول، وتنتهي ح من ظاهر الكرة إلى موضعها الأول، فيرسم خطا ح و ط و دائرة بعلامتي ح وط من مركزي بُعد واحد.

فقد تبيّن أن الشعاع المماس الكرة الخارج من و يحيط بدائرة هي التي يرسمها خطا و ح و ط بحركتهما على محور و ز، وح ي أصغر من ا ز الذي هو نصف قطر الكرة، فـ ح ط أصغر من ا ب الذي هو قطر الكرة.

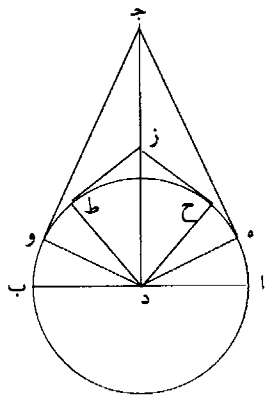
فقد تبيّن أنه لا يرى من الكرة إلا أقلّ من نصفها، لأنه لا يحيط شعاعا و ح و ط بما يحيط به خطا ه ا د ب من الكرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

2 أصغر: اصعها – 6 بمثلث: بمثلم– 8 ز ط: و ط – 10 ح و: جو / ز ط ط و: ز ط و – 19 و ز: وحر.

– كه – كل كرة ينظر إليها، ثم يدنو على سمت العمود الخارج من ناظره إليها منها، فإن الذي يرى منها، إذا دنا، أقلّ مما كان يرى منها على البعد ويظنّ أنه أعظم في الحسّ.

مثال ذلك: أن نفرض الكرة كرة ا ب والناظر عند نقطة جـ وقطرها الذي يمكن أن يخرج من جـ إليه عمود يفصله بنصفين خط ا ب، والعمود د جـ ود مركز كرة ا ب.

فأقول: إن الذي يرى من كرة ا ب ‹من› علامة جـ أعظم مما يرى من كلّ موضع، أعني أيّ علامة فرضت أقرب إلى قوس ا ب من جـ ويُظنّ الذي يُرى منها أعظم في الحسّ.



برهان ذلك: أن نفرض نهايتي الشعاع الخارج من جـ التي هي الناظر، إلى كرة ا ب علامتي ه و. فقوس ه و أصغر من قوس ا ب لما قدمنا في الشكل الذي قبل هذا، وخطا ه جـ و جـ مماسان لقوسٍ ا ب التي تلي جـ، لأن آخر شعاع يقع من البصر/ على الكرة خطٌ مماس للكرة وليس يمكن ٨١-ظ أن يخرج من نقطة ه خطٌ يفصل زاوية جـ ه و مستقيم بتة. بل يخرج منها في مثلث جـ ه و ‹و› يقطع قوس ه و. فإذاً، إن دنا البصر إلى موضع ز، الذي هو أقرب إلى قوس ا ه و ب من جـ، فيما بين نهايتي شعاعه اللتين هما خطان مماسان لقوس ه و وعلى نقطتين من قوس ه و، فكل واحد

1 يدنو: يدنوا – 14 منها: منهما – 15 إن دنا: اردنا – 17 فكل: كل.

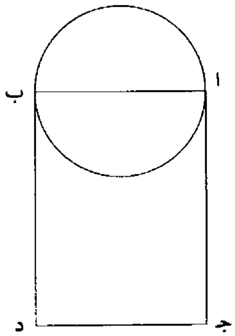
منهما أقرب إلى عمود جـ د من خطي جـ ه جـ و. فلنخرج الشعاع من ز إلى قوس ه و، ونفرض النقطتين اللتين خرج إليهما نقطتي ح ط، فقوس ح ط أقصر من قوس ه و، فالذي يرى من ز سطح مستدير كما قدمنا في الشكل الذي قبله، وقطعة القوس من الدائرة العظيمة التي تمرّ على مركزه وتفصله بنصفين هي قوس ح ط، والذي يرى البصر من كرة ا ب، إذا كان على علامة جـ، هو سطح مستدير من سطح كرة ا ب، فالقوس المارة على مركز القاسمة له بنصفين من دائرة عظيمة هي قوس ه و و<قوس> ه و أعظم من <قوس> ح ط. فإذاً سطح ح ط من الكرة الذي رئي من علامة ز أصغر من سطح ه و من كرة ا ب الذي رئي من علامة جـ. فإذاً الذي يرى من الكرة، إذا يقرب منها، أقلّ مما يرى منها من أبعد من ذلك الموضع. لأن زاوية ز ح د قائمة من مثلث د ح ز وزاوية د ه جـ قائمة من مثلث د ه جـ وزاوية ز د ح أصغر من زاوية ز د ه لأنها بعضها، فتبقى إذاً زاوية د ز ح أعظم من زاوية ه جـ د. وبهذا التدبير يتبين أن زاوية د ز ط أعظم من زاوية د جـ و. فإذاً زاوية ح ز ط أعظم من زاوية ه جـ و؛ والذي يرى بزاوية عظيمة يرى أعظم في الحسّ، فإذاً، الذي يرى من كرة ا ب، إذا يقرب منها، أعظم مما يرى منها من أبعد من ذلك الموضع، لأن زاوية ح ز ط التي / ترى بها كرة ا ب من قرب أعظم من زاوية ه جـ و التي ٨٢-و ترى بها كرة ا ب من بعد، أعني من موضع أبعد من الكرة من علامة ز. فإذاً، الذي يرى من الكرة من الموضع الأقرب منها أقلّ مما يرى منها من الموضع الأبعد منها بالحقيقة، إلا أنه بالحسّ فيما يرى ويظنّ، يرى أعظم؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– كو – كل كرة يكون قطرها مساوياً لبعد ما بين ناظري الإنسان، أعني بعد ما بين العمودين الخارجين من مركزي الناظرين إلى الخط الذي قطر الكرة المقابل للبصر بعضه، فإن الناظر إليها بذينك الناظرين يرى منها نصفها.

7 عظيمة: عظمه – 8 فإذاً: فان – 14 د جـ و: ز جـ و.

مثال ذلك: أن قطر كرة ا ب، الذي هو خط ا ب، مساوٍ لبعد ما بين ناظري الناظر إليها. ونفرض أحد الناظرين نقطة جـ والآخر نقطة د، ونفرض جـ د موازيًا لخط ا ب، وخط جـ ا المستقيم عمود على علامة آ وخط د ب المستقيم عمود على علامة ب.

فأقول: إن نهايتي الشعاع الواقع على كرة ا ب إذا كانا خطي جـ ا د ب، وإن الذي يرى من كرة ا ب نصفها.



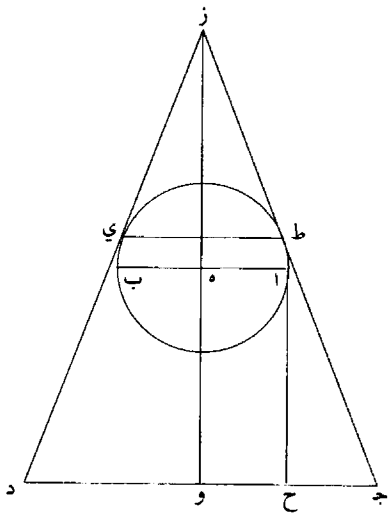
برهان ذلك: أن قوس ا ب التي في جهة خط جـ د نصف محيط دائرة ا ب لأن ا ب فرض مساويًا لـ جـ د وموازيًا له، وجـ ا فرض عمودًا على آ ود ب فرض عمودًا على ب. فزاويتا جـ ا ب ا ب د قائمتان، ولذلك جميع زوايا مربع ا ب د جـ قائمة. فإذًا خط جـ ا يماسّ كرة ا ب على علامة آ وخط د ب يماسّ كرة ا ب على علامة ب. فإذًا الذي يحوز نهايتي الشعاع الواقع على كرة ا ب، وهما خطا ا جـ ب د، هي قوس ا ب التي في جهة جـ د التي هي نصف محيط دائرة ا ب. والبصر يدرك من الكرة سطحًا مستديرًا كما قدمنا قبل هذا الموضع، فإذًا دائرة ا ب العظمى فاصلة للسطح الذي يدركه البصر من جـ ود بنصفين على مركزها، / فإذًا هو ظ-٨٢ نصف سطح كرة ا ب؛ وهو ما أردنا أن نبين.

6 وإن: فان – 10 فإذًا: فاذا – 11 علامة: على مة / نهايتي: نهاية – 14 فاصلة: الفاصلة.

– كز – إذا كان بعد ما بين البصرين الناظرين إلى الكرة أكثر من قطر الكرة، فإن الذي يرى من الكرة أكثر من نصفها، إذا كانت الشرائط في موضع الناظرين من محاذاة قطر الكرة هي الشرائط التي تقدمت في الشكل الذي قبل هذا.

مثال ذلك: أن نفرض الكرة كرة ا ب، وقطرها خط ا ب، والخط الخارج من أحد الناظرين إلى الآخر خط جـ د، ونفرض خط جـ د أعظم من خط ا ب وموازيًا له.

فأقول: إن ناظري جـ د يبصران من كرة ا ب أكثر من نصفها.



برهان ذلك: أن الخط الخارج من جـ المماسّ للكرة لا يماسّها على علامة ا، لأنا إذا أخرجنا من مركز كرة ا ب، الذي هو ه، عمودًا على خط جـ د، وهو عمود ه و، ‹و›أخرجناه على استقامة والخط الخارج من جـ والخط الخارج من د المماسّين المستقيمين، حتى تلتقي على نقطة، ونفرض النقطة نقطة ز، وفصلنا من خط جـ و خط و ح مساويًا لخط ا ه، كانت زاوية ا ح و قائمة، لأن الواصل بين أطراف ‹الخطوط› المستقيمة المتوازية ‹المتساوية› متساويةٌ ‹و›أيضًا متوازية، فمربع ا ح و ه متوازي الأضلاع

1 أكثر: اكبر – 2 أكثر: اكبر – 9 لا يماسها: لا نهاسها – 11 على: علا – 13 وفصلنا: وفضلنا / خط (الثانية): وخط – 14 ا ح و: ح ا ه / بين: من – 15 ا ح و ه: ا ح ه و.

قائم الزوايا، فخط ا ح مماسّ لكرة ا ب على علامة ا. فإن كان الخط الخارج من جـ المماسّ للكرة في جهة جـ يماسّ الكرة على علامة ا، فقد خرج فيما بين خط جـ ا المستقيم وقوس ا ب الذي يلي جـ و د خط مستقيم لم يقطع الدائرة؛ وقد تبين بطلان ذلك في كتاب *الأسطقسات*.

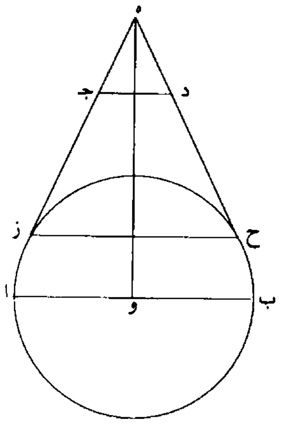
وليس يمكن أن يخرج من جـ خطٌ ‹مستقيم› إلى علامة ا من قوس ا ب التي تلي و، إلا قطع الدائرة، لأنه إذا خرج فيما بين المماسّ والدائرة، قطع الدائرة، فإذاً إنما يماسّ الخط الخارج من جـ الدائرة على علامة أقرب إلى جهة ز، من ا / إلى جهة ز، فلتكن علامة ط. ولتكن العلامة التي يماسّ ٨٢-و عليها ‹الخط› الخارج من د الدائرة علامة ي. فخط ط ي أقصر من خط ا ب؛ فإذاً البصران يحيطان بدائرة من سطح الكرة التي يفصلها قوس ط ا ب ي بنصفين، وقوس ط ا ب ي أعظم من قوس ا ب المحيطة بنصف الكرة. فإذاً الذي يدرك البصران من كرة ا ب أكثر من نصفها، إذا كان بعد ما بين البصرين أكثر من قطر الكرة؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– كح – وأما إذا نظرنا إلى الكرة التي قطرها أكثر من بعد ما بين الناظرين التي ذكرها أوقليدس في الشكل الثامن والعشرين، فهو الشكل الرابع والعشرين بعينه، لأن الناظر إنما يدرك من الكرة أقلّ من نصفها إذا كان بين الناظرين أقلّ من قطر الكرة. ولنذكره ونعيده كما أعاده لئلا يتخلف عن كتابه شيءٌ من أشكاله.

مثال ذلك: أن نفرض الكرة كرة ا ب وقطرها الموازي للخط المستقيم الواصل بين الناظرين خط ا ب، ونفرض الناظرين جـ ود، ونفرض العمود الفاصل لخط ا ب بنصفين يفصل خط جـ د بنصفين، وهو خط ه و، والفاصلة ا ب بنصفين و، ‹و›ه طرف الخط الجائز بخط جـ د في خلاف جهة و، ونفرض نهايتي الشعاع الخارجتين من ناظري جـ ود المماسين لكرة ا ب خطي ه جـ ز ه د ح.

فأقول: إن نقطتي ز وح أقرب إلى علامة ه من نقطتي ا ب.

2 على: علا – 8 العلامة: علامة – 12 البصران: البصر – 17 ولنذكره: ولنذكر / أعاده: عاده – 21 ه و: ه و د.



برهان ذلك: أنهما إن كانتا علامتا ز ح هما علامتي ا ب، فإن الشعاع الخارج من الناظرين اللذين بعد ما بينهما مساوٍ لقطر الكرة المنظور إليها، والشعاع الخارج من الناظرين اللذين بعد ما بينهما أقلّ من قطر الكرة، يماسّ كل واحد منهما الكرة على نقطة واحدة. فيخرج فيما بين الخط المستقيم المماسّ للكرة والقوس التي ماسّ في جهة ذلك الخط، خطّ مستقيمٌ؛ وهذا خلف كما قدمنا. فإذاً ليس يمكن أن يكون شعاع ه جـ ز يماسّ الكرة على علامة ا، وكذلك ه د ح لا يماسّ الكرة على علامة ب، ولا يماسان الكرة على علامتين / من قوس ا ب التي في خلاف جهة ه، ٨٣-ظ لأنهما إن ماسّا على نقطتين في جهة تلك القوس كان خطّ جـ د أعظم من قطر ا ب، وهو أصغر منه؛ وهذا خلف. فإذاً ز ح أقرب إلى ه من خط ا ب، فقوس ز ح أصغر من قوس ا ز ح ب. فإذاً الذي يرى من كرة ا ب بناظري جـ ود أقلّ من نصفها. فإذاً الذي يرى بالناظرين اللذين بعد ما بينهما أقلّ من قطر الكرة أقلّ من نصف الكرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

والذي يعرض من النظر إلى الأساطين هو ما يعرض في الكرة بعينه، أعني أنه إذا كان بعد ما بين الناظرين أقلّ من قطر قاعدتها، التي كل خط مستقيم خرج منها في طول سطح الأسطوانة كان منها قائماً على

4 يماس: يما من – 6 فإذاً: فاذا.

زوايا معتدلة، فإن الذي يدرك الناظر منه أقلّ من نصف سطح الأسطوانة؛ وإن كان بعد ما بين الناظرين مساوياً للقطر الذي حددنا، كان الذي يرى من سطح الأسطوانة نصفه؛ وإن كان البعد الذي فيما بين الناظرين أكثر من قطر قاعدة الأسطوانة الذي حددنا، فإن الذي يرى من سطح الأسطوانة أكثر من نصفه، لأن السطح المعتدل الذي يقع على نقط مماسة الشعاع لقاعدة الأسطوانة يلزم الأسطوانة إلى نهايتها الأخرى على خط مستقيم عموداً على قاعدتي الأسطوانة، فالذي يحوز هذان الخطان المشتركان للسطحين المماسين <و>للأسطوانة والقوسان اللتان فيما بين <السطحين> المماسين أسفلها وأعلاها – إذ كلّ واحدة من القوسين أقلّ من نصف الدائرة أو مساوية لنصف الدائرة أو أكثر من نصف الدائرة – يجوز منها في كل المواضع نسبة واحدة.

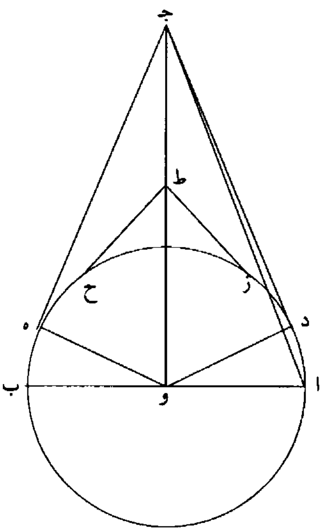
وإن البصر إذا قرب من الأسطوانة الذي بعد ما بين ناظريه أقلّ من قطر دائرة قاعدة الأسطوانة الذي حددناه، فإن الذي / ٨٤-و يرى من الأسطوانة بالحقيقة أقلّ مما يرى منها إذا بعد الناظر منها، ويظنّ أنه أكثر مما يحدّ الحسّ. فإن التدبير والبراهين في هذه الحال من الأكر والأساطين واحدة. ولكنّا نرسم هذه الأشكال التي رسمها أوقليدس لئلا يتخلف من كتابه شكل يعدم تحقيقه.

– كط – كل أسطوانة ينظر إليها من أي المواضع نظر إليها بعد أن يكون البصر يلقى سطحاً ما يحيط بها فيما بين قاعدتيها، فإنه يرى منها أقلّ من نصفها إذا كان بعد ما بين الناظرين أقلّ من قطر القاعدة وهي الدائرة التي هي نهايتها.

<مثال ذلك>: فلنفرض قاعدة الأسطوانة دائرة آ ب، وقطر هذه القاعدة خط آ ب، وسمت خطي الشعاعين الخارجين المبصرين يلتقيان في خلاف جهة آ ب على نقطة جـ، وبعد ما بين الناظرين أقل من خط آ ب، ونفرض نهايتي الشعاع الخارج من جـ خطي جـ د جـ ه، ومركز الدائرة الفاصل آ ب بنصفين نقطة و، ونخرج خط جـ و. فخط جـ د يماسّ دائرة آ ب على نقطة

1 معتدلة: أي زاوية قائمة – 2 حددنا: جددنا – 4 حددنا: جددنا – 10 يجوز: ويجوز – 11 قطر: نصف – 16 لئلا: كئلا – 17 يعدم: بعدم / تحقيقه: حقيقه – 20 القاعدة: المعتدلة – 25 جـ ه: ه.

أقرب إلى جـ من آ، وهي د، وجـ ه يماس دائرة ا ب على نقطة أقرب إلى جـ من ب، وهي نقطة ه؛ ونخرج من د وه خطين مستقيمين إلى و. فزاوية و د جـ قائمة؛ وكذلك زاوية و ه جـ قائمة، والخط الذي يخرج من نقطة جـ إلى آ يحيط مع ا و بزاوية أصغر من قائمة، لأن زاوية ا و جـ قائمة والمثلث يحيط بثلاث زوايا معادلة لقائمتين، وخط و آ مساوٍ خط و د وزاوية و د جـ قائمة على د، <و>ماسّ خط جـ د الدائرة، ود و خرج من النقطة المشتركة للدائرة والخط المستقيم المماس لها، فزاوية د و جـ أصغر من قائمة، فزاوية د و جـ أصغر من زاوية ا و جـ، فخط ا جـ أطول من خط د جـ فـ د أقرب إلى جـ من آ إلى جـ، إذ آ ود في جهة واحدة. وبهذا التدبير نبين أن ه أقرب إلى جـ من ب إلى جـ؛ فإذاً قوس د ه التي في جهة جـ أصغر من قوس ا د ه ب. فإذاً الذي يُدرك البصرُ <من> سطح أسطوانة ا ب أقلّ من نصفها.



وإن تَقَرَّبَ البصر من و نحو دائرة ا ب، كانت مماسة الخطوط الخارجة منه إلى دائرة ا ب أقرب إلى جـ من / الخطوط الخارجة من د إلى جـ ٨٤ - ظ

5 لقائمتين: لقائمين – 7 لها – 11 سطح: شمس.

<ومن ه إلى جـ>، كما بينا في أشكال الكرة. وبهذا التدبير نبين أن الخط الذي يخرج من ملتقى سمت الشعاعين الذي هو أقرب إلى و من جـ يماسّ قوس د ه التي في جهة جـ <و>يماسها على نقطة أقرب إلى البصر من نقطة د؛ ولنفرض هاتين النقطتين أما في جهة ا فنقطة ز، وأما في جهة ب فنقطة ح، وأما في موضع الناظر فـ ط. فإذاً قوس ز ح أصغر من قوس د ه التي في جهة جـ. فإذاً إذا قرب البصر من الأسطوانة، كان الذي يرى منها أقلّ، ويظن أنه أكثر، لأن زاوية ز ط ح أعظم من زاوية د جـ ه كما بيّنّا في أشكال الكرة. والذي يرى بزاوية عظمى يرى أعظم في الحس ويظنّ ذلك به، فإذاً قوس ز ح التي في جهة جـ يظنّ أنها أعظم من قوس د ز ح ه. فإذاً الذي يرى من أسطوانة ا ب من الموضع الأقرب أقلّ مما يرى منها من الأبعد، ويظن أنه أكثر؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ل – كل مخروط قاعدته دائرة، فإن الذي يرى منه أقلّ من نصفه.

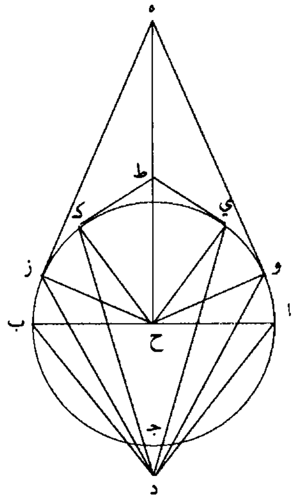
مثال ذلك: أن نفرض المخروط الذي قاعدته ا ب جـ ورأسه، أعني حدّه، علامة د وقطره خط ا ب؛ ونفرض موضع الناظر نقطة ه، ونخرج من ه خطين يماسّان قوس ا ب التي في جهة ه – أما في جهة ا فخط ه و، وأما في جهة ب فخط ه ز؛ ونخرج من مركز دائرة ا ب وهو علامة ح عمود ح ه، ونخرج خطًا مستقيمًا من و إلى ح ومن ز إلى ح.

فأقول: إن الذي يرى من مخروط ا ب جـ د أقلّ من نصفه.

برهان ذلك: أن زاوية ح و ه قائمة، فالزاوية التي يحيط بها خطا و ح ح ه المستقيمان أصغر من قائمة. <و>لأن ا ح ه قائمة، فزاوية و ح ه بعض زاوية ا ح ه./ وبهذا التدبير نبين أن زاوية ز ح ه بعض زاوية ٨٥-و ب ح ه، فإذاً قوس ا ب أعظم من قوس و ز؛ فإذاً الذي يرى من دائرة ا و ز ب قوس و ز من <جهة> ه وهو أقل من نصف محيط دائرة ا ب. والسطحان القائمان على خطي و ه وز ه يماسان مخروط ا ب جـ د على الخطين المستقيمين الخارجين من و إلى د ومن ز إلى د. فإذاً نسبة

1 بهذا: غير واضحة – 5 الناظر: الناضر – 12 قاعدته: قاعتدته – 20 فزاوية: وزاوية – 22 ب ح ه: ز ح ه / و ز: و د – 23 وهو: وهي، وهذا جائز إلا أنه يأخذ بصيغة المؤنث.

السطح الذي يحيط به قوس و ز وخطا و د ز د إلى سطح المخروط أقلّ من نسبة النصف، لأن نصفه هو السطح الذي يحيط به قوس ا ب والخطان المستقيمان الخارجان من آ إلى د ومن ب إلى د. فإذاً الذي يرى من علامة ه من سطح مخروط ا ب جـ د أقلّ من نصفه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.



وهنالك نبيّن أن البصر إن دنا من المخروط، كان الذي يرى منه أقلّ ويظنّ أنه أكثر.

برهان ذلك: أن يفرض موضع البصر قد دنا من الدائرة وصار إلى علامة ط من خط ه ح.

فأقول: إن الذي يرى من مخروط ا ب جـ د <من> علامة ط هو أقلّ من الذي يرى من هذا المخروط من علامة ه.

لأنا نخرج منها خطين مماسين لدائرة ا ب، فهما يماسان على نقطتين في داخل المثلث الذي يحيط به خطا ه و ه ز المستقيمان وقوس و ز التي في جهة ه. ونخرج من موضع المماسة وهي في جهة و علامة ي وفي جهة ز علامة كـ خطين مستقيمين إلى ح. فزاويتا ح ي ط ح كـ ط قائمتان،

1 أقلّ: اول – 2 ا ب واخطان: ا و في الخطان – 3 د ومن: د ز من – 4 أقل: اول – 14 كـ: ل.

وزاوية ح ط ك أعظم من زاوية ح ه ز؛ وكما بينا في الأساطين، فزاوية ي ط ك أعظم من زاوية و ه ز، لأن نسبة الشيء ‹إلى الشيء› كنسبة ضعفه إلى ضعفه. فالذي يرى من ا و ز ب / بزاوية و ه ز قوس و ز، ٨٥ - ظ والذي يرى بزاوية ي ط ك قوس ي ك وي ك بعض و ز، فالذي يرى إذا كان الناظر على ط من قوس ا و ي ك ز ب أقل مما يرى منها إذا كان الناظر على ه، لأنه يرى من ه قوس و ي ك ز ومن ط قوس ي ك. وزاوية ي ط ك أعظم من زاوية و ه ز، فيظنّ في الحسّ أن الذي يرى بالناظر وهو على ط الذي هو قوس ي ك، أعظم من الذي يرى وهو على ه من قوس ا و ز ب. ولأن السطح المعتدل الذي يماسّه على علامة ي ‹والسطح المعتدل الذي يماسّه على علامة› ك – ويكون نهايتاهما خطي ي ط ط ك اللذين هما مع دائرة ا ب في سطح واحد – يماسان المخروط على خطين مستقيمين على سطح المخروط، أحدهما الخارج من ي إلى د والآخر الخارج من ك إلى د، فما يحوز خطا ي د د ك وقوس ي ك من سطح المخروط أقلّ مما يرى من علامة ه لأنه بعضه، ويظنّ أنه أعظم لأنه يحسّ بزاوية ي ط ك التي هي أعظم من زاوية و ه ز؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

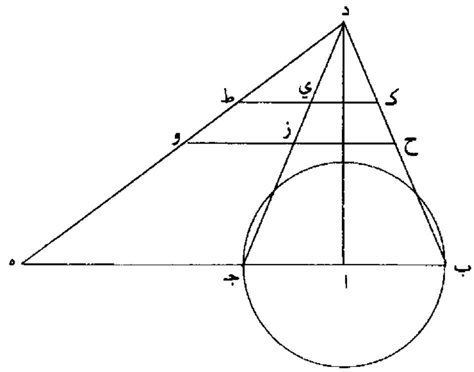
– لا – كل مخروط أسطواني قاعدته دائرة، يخرج له قطرٌ، ثم يخرج على استقامة، ثم يخرج من طرف ذلك الخط المخرج من القطر خطان مستقيمان إلى ذروته، ثم يخرج من ذينك الخطين سطحان يماسان المخروط على جنبتيه إلى ذروته. فأي موضع وضع البصر من ذلك الخط المشترك للسطحين، وأخرج شعاع النظر موازيًا لسطح قاعدة المخروط، فإنه يرى من المخروط أبداً قدراً واحداً لايختلف.

مثال ذلك: أن نفرض المخروط الأسطواني مخروط ب جـ د وقاعدته دائرة ب جـ ومركزه علامة ا وذروته علامة د وقطره ب ا جـ، ونخرج خط

1 ح ط ك: د ا ي – 5 ا و ي ك ز ب: الواو ناقصة – 17 خطان: خط – 18 مستقيمان: مستقيم /ذينك الخطين: ذلك الخط – 19 ذروته: ذرويه – 22 ب جـ د: ا ب جـ د – 23 وذروته: وذرويه

ب جـ على استقامة من ب جـ إلى ه، ونخرج من ه إلى د خطًا مستقيماً؛ والسطحان الخارجان من خط ه د المعتدلان الخارجان إلى جنبتي المخروط اللتين هما ب د وجـ د سطحا ه ب د وه جـ د.

فأقول: إنا إذا وضعنا البصر على أي نقطة اتفقت من خط د ه وأخرجنا شعاع البصر إلى المحيط موازياً لخط / ب ه، كان الذي نرى من مخروط ٨٦-و ب جـ د قدراً واحداً أبداً لا يختلف.



برهان ذلك: أن نفرض السطح ‹سطح دائرة ا ب جـ› الخارج عليه الشعاع إلى جنبتي المخروط، أعني إلى خطي ب د جـ د، ونخرج من علامة و من خط ه د سطحًا موازياً لخط ب ه، وهو سطح ز ح، ونخرج من علامة ط من خط ه د سطحًا موازياً أيضًا لخط ه ب، وهو سطح ي ط ك. فأقول إن الناظر إذا وضع على علامة و، رأى من سطح مخروط ب جـ د مثل ما يرى منه إذا وضع على علامة ط، لأن الزاوية الحادثة من سطحي ب د ه جـ د ه المماسين لمخروط ب جـ د هي الزاوية السطحية التي خطها المشترك خط د ه. فكل خطين يخرجان من نقطة من خط د ه في سطحي ب د ه جـ د ه، فيكون السطح المشترك لهما موازياً لسطح دائرة ا ب جـ، أعني التي في سطحها خط ب ه، فإنهما يفعلان زوايا متساوية. والتي بزوايا متساوية ترى متساوية، فإذاً الذي يرى من

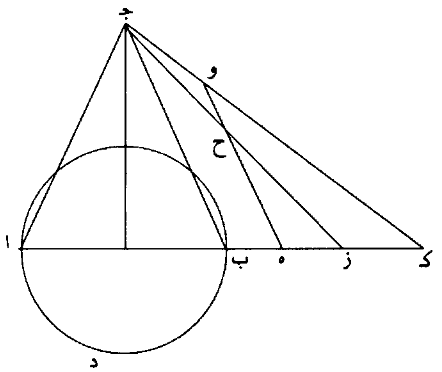
6 ب جـ د: ا ب جـ د/ قدراً: قدرنا – 12 ب جـ د: ا ب جـ د – 13 ب جـ د: ا ب جـ د.

مخروط ب جـ د من علامتي و ط على سمت سطحي ز و ح ي ط كـ يرى متساوياً ؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– لب – كل مخروط أسطواني قاعدته دائرة، فإن الناظر إذا نظر إليه بأبعاد متساوية من سطحه، فإنه إذا نظر من موضع أعلى، رأى منه ⟨أكثر⟩ إذا نظر من موضع أهبط، ويظنّ أن الذي يرى منه من موضع أهبط أكثر.

مثال ذلك: أن نفرض المخروط مخروط ا ب جـ د، ونفرض جـ ذروته وا ب قطر دائرة قاعدته، ونخرج خط ا ب من علامة ب على استقامة إلى علامة كـ، ونخرج من ه من خط ا كـ خطًا مستقيماً إلى و من خط جـ كـ، ونفرض خط ه و موازياً خط ب جـ. فأبعاد العلامات التي تقع على خط ه و من خط ب جـ، إذا كانت موازية لخط كـ ا، متساوية، لأن خطي جـ ب ه و متوازيان وكـ جـ خط خارج / من قاعدة المخروط إلى ذروته مع خط ٨٦-ظ ه و في سطح واحد.

فأقول إن الناظر إذا كان على و، رأى من مخروط ا ب جـ أكثر مما يرى إذا كان على علامة ح من خط ه و؛ إلا أنه إذا كان على ح، يظنّ أن الذي يرى منه أعظم.



1 ب جـ د : ا ب جـ د – 12 متوازيان : متوان / ذروته : ذروية.

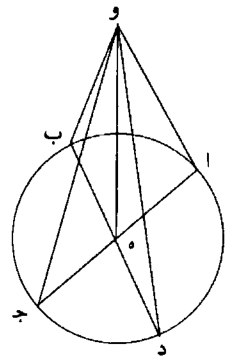
برهان ذلك: أن نخرج من جـ خطًا مستقيماً إلى ح ممتداً على استقامة إلى علامة ز من خط ه كـ، فعلامتا ح وجـ تريان من علامة ز، لأنهما على خط واحد مستقيم؛ وعلامتا و جـ تريان من علامة كـ، لأنهما على خط ‹واحد› مستقيم، والزوايا التي تحدث على خط جـ كـ كلها متساوية، والتي تحدث على خط جـ ز كلها متساوية، كما بينا في الشكل الذي قبل هذا؛ والذي يرى من مخروط ا ب جـ من علامة كـ أعظم من الذي يرى منه من علامة ز، لأن ز أقرب إلى المخروط، كما بينا في غير هذا الموضع من أشكال هذا الكتاب. والتي ترى بزوايا متساوية ترى متساوية، فإذاً الذي يرى من مخروط ا ب جـ من علامة و مثل الذي يرى منه من علامة كـ، لأنهما يريان بزوايا متساوية. والذي يرى منه من علامة ح مساوٍ للذي ‹يرى› منه من علامة ز، لأنهما يريان منهما بزوايا متساوية، فإذاً الذي يرى من علامة و أعظم من الذي يرى منه من علامة ح. ويظنّ أن الذي ‹يرى› من علامة ح في الحسّ أعظم، لأنه يرى مساوياً لما يرى من ز التي هي أقرب إلى المخروط من كـ، وكـ يرى منها مثل ما يرى من و. فالذي يرى منه من و أعظم من الذي يرى منه من ح بالحقيقة، ويظنّ أن الذي يرى منه من ح التي هي أسفل من و أعظم في الحس؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– لجـ – كل دائرة يقوم على مركزها عمودٌ، فإن الناظر إذا نظر من طرفه إلى الدائرة، رأى أقطارها متساوية.

مثال ذلك: أن نفرض / الدائرة دائرة ا ب جـ د ونفرض ا جـ نهايتي ٨٧ - و
قطر من أقطارها وب د نهايتي قطر من أقطارها. وه مركز الدائرة وحيث تقاطع الأقطار، ونفرض خط ه و عموداً على سطح دائرة ا ب جـ د على مركزها.

فأقول: إن الأقطار ترى بالناظر الذي على علامة و متساوية، أعني أن ا جـ يرى مساوياً لـ ب د.

8 والتي: المقصود هو الأشياء – 10 يريان: يريانه – 14 منها: منهما.



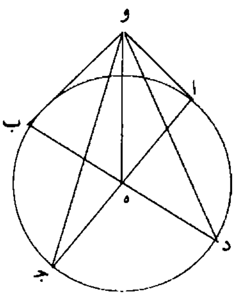
برهان ذلك: أن نخرج من آ ومن بَ ومن جَ ومن دَ خطوطًا مستقيمة إلى علامة وَ، فخط ه و مشترك في ‹مثلثات د و ه ه و ب ه و جـ ه و ا وكا› ه ب ه جـ ه د متساوية وه و عمود على هَ، فزوايا و ه د و ه ا و ه ب و ه جـ متساوية قائمة، فخطوط ا و و ب و جـ و د التي توتر تلك الزوايا متساوية؛ فإذاً زوايا كل واحد من مثلثات د و ه ه و ب و جـ ه ه و ا متساوية، كل واحدة لنظيرتها، ‹وزوايا› و د ه ه ا و ه ب و ه جـ و متساوية، وأيضًا زوايا د و ه ا و ه ب و ه جـ و ه متساوية، وأيضًا كل اثنتين منها مساوية لكل اثنتين منها. فإذاً زاويتا د و ه ه و ب اللتان هما زاوية د و ب مساويتان لزاويتي ا و ه ه و جـ اللتين هما زاوية ا و جـ، فإذاً زاوية د و ب التي يوترها قطر ب د مساوية لزاوية ا و جـ التي يوترها قطر ا جـ. والتي ترى بزوايا متساوية ترى متساوية، فإذاً ب د الذي يرى بزاوية ب و د مساوٍ لـ ا جـ الذي ‹يرى› بزاوية ا و جـ، فإذاً قطرا ا جـ ب د يريان من علامة وَ متساويين؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– لد – كل دائرة يقام على مركزها خطٌ من غير أن يكون عموداً على مركزها، إلا أنه مساوٍ لنصف قطرها، فإن الناظر إذا نظر من طرفه، رأى أقطارها أيضًا متساوية.

3 فزوايا: فزويا – 4 و ب: د ب – 5 و جـ ه: ه و جـ – 6 ه ا و ه ب و ه و ا: و ا ه و ب ه و جـ ه – 8 مساوية: متساوية / اللتان: اللتين – 10 د و ب: جـ و ب – 12 مساو: مساوي – 13 علامة: علامتي / متساويين: متساويان / نبين: يتبين – 14 يكون: كون – 15 فإن: فاان.

مثـال ذلك: أن يفـرض الدائـرة دائرة ا ب جـ د وقطـراها ا جـ ب د ومركزها الذي تقاطعت عليه الأقطار علامة ه، والخط القـائم ه و، وليس بعمود على سطح ا ب جـ د، ويفـرض ه و مسـاويًا لنصف قطر الدائرة، أعني مثل ا ه.

فأقول / إن قطري ا جـ ب د يريان متساويين. ٨٧-ظ



برهان ذلك: أن نصف الدائرة الواقع على خط ا جـ إذا أميـل إلى و من خط ه و ماسـها، فإذا أخرج من ا ومن جـ إلى و خطان مستقيمان كخطي ا و و جـ وفي نصف الدائرة، فإن زاوية ا و جـ قائمـة. وكذلك النصف دائرة الواقع على قطر ب د إذا أميل إلى علامة و ماسها، فإذا أخرج من ب ومن د خطان إلى و، كخط ب و وخط د و، فإن زاوية ب و د قائمة، لأنها <وقعت> في نصف دائرة. فإذا الناظر ينظر إلى قطر ا جـ بزاوية قائمة، هي زاوية ا و جـ، وإلى قطر ب د بزاوية قائمة، وهي زاوية ب و د، فإذاً الناظر ينظر إلى ا جـ وب د بزوايا متساوية، فهو يرى ا جـ مساويًا لـ ب د؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

فهذه هي الأشكال التي تُري أقطار الدوائر متساوية على طبعها؛ وأما ما تري أقطارها مختلفة جميعًا بالطبع، فكل ما خالف ذلك.

3 لنصف: لضعف – 5 متساويين: متساويتين – 7 خطان مستقيمان: خطين مستقيمين / كخطي: لخطي – 8 و جـ: ه جـ / نصف: النصف – 10 خطان: خطين / و: د – 12 وإلى: والتي.

ونذكر الأشكال التي ذكرها أوقليدس ونبينها على أوضح ما يمكن فيها، إن شاء الله، فإنه أتى فيها بأشياء جزئية عرضية كان عنها غنيًا بشكل واحد يفهم به أن كل ما خالف هذه رئي مختلفًا على الشريطة التي قدم أولاً من النظر إلى الدائرة من طرف عمود على مركزها. وهو وإن كان عرض له أشكال غير الشكلين المتقدمين يرى منها بعض أقطار الدائرة متساوية، وما فيها غير متساوية، فإن ذلك غير مخرج من شرطه الأول لأن شرطه الأول في الشكلين المتقدمين أن ترى أقطار الدائرة، بالقول المطلق الداخل فيه جميع أقطارها من طرف العمود القائم على مركزها، متساوية.

〈و〉من الأشكال التي ذكر في هذا المنظر:

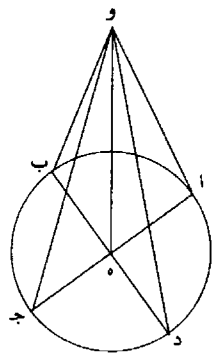
– لَه – إن كل دائرة / نظر إليها من علامة في علوّ الخط المستقيم ٨٨-و
الخارج من تلك العلامة إلى مركزها غير مساوٍ لنصف قطر الدائرة، ولا الأقطار المتقاطعة على مركزها يقاطع على زوايا قائمة، بل على مختلفة، ولا الزاويتان العظيمتان – اللتان تحدثان من الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركز الدائرة ونصفي القطرين المتقاطعين اللذين في ضد ميل الخط الخارج من البصر إلى مركز الدائرة – متساويتان، ولا الزاويتان – اللتان تحدثان من الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركز الدائرة ونصفي القطرين الباقيين اللذين في جهة ميل الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركز الدائرة – متساويتان أيضًا بل مختلفتان، فإن هذين القطرين يريان أبداً مختلفين. وكل ما كان من أقطارها شريطته في اختلاف الزوايا الحادثة بأنصافها والخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركز الدائرة هذه الشريطة لم تر متساوية. وما كان من الأقطار زواياه التي في خلاف جهة ميل الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركز الدائرة متساوية 〈ترى متساوية〉، والتي في جهة ميله متساوية، فإن تلك الأقطار ترى متساوية.

مثال ذلك: أن نفرض الدائرة دائرة ا ب جـ د، ونفرض ا جـ القطر ود ب القطر ومركز الدائرة ه، وموضع البصر علامة و، ونخرج خط و ب

1 أوضح: اوضع – 2 فإنه: فالنه / غنيًا: عيبا – 4 قدم: قدام – 15 مركز: مر / ونصفي: ويصفى / المتقاطعين: المقاطعين – 18 ونصفي: ويصفى / اللذين: اللذان – 19 مركز: مر – 25 ترى: ير – 27 و ب: د ب.

وخط و جـ وخط و ا وخط و د مستقيمة، ونفرض زاوية و ه جـ مساوية زاوية و ه د المخالفتين لميل و، ونفرض زاويتي و ه ب و ه ا أيضًا متساويتين اللتين في جهة ميل و، ونفرض خط ه و ليس بعمود على ه، بل يقع العمود الخارج من و في الدائرة أو في السطح الذي فيه سطح الدائرة في جهة ا ب، ونفرض ه و غير مساوٍ لنصف <قطر> الدائرة الذي هو ا ه وه ب وه جـ وه د.

فأقول: إن خطي ا جـ وب د يريان من علامة و متساويين.



برهان ذلك: أن زاوية و ه جـ مثل زاوية و ه د وخط ه جـ مثل خط ه د، وو ه مشترك، فخط د و مثل خط و جـ، ومثلثا و جـ ه و د ه متساويان متشابهان، فكل زاوية من أحدهما مساوية نظيرتها من الآخر،/ فزاوية ه و د مساوية زاوية ه و جـ. وأيضًا زاوية و ه ب مساوية ٨٨-ظ <زاوية> و ه ا كما فرضنا، وخطا ب ه ا ه متساويان، وخط ه و مشترك، فخطا و ب و ا متساويان، ومثلثا ب و ه ا و ه متساويان متشابهان، فكل زاوية من أحدهما مساوية نظيرتها من الآخر، فزاويتا ب و ه ا و ه متساويتان؛ فإذاً زاويتا ب و ه ه و د جميعًا مثل زاويتي ا و ه ه و جـ جميعًا، وخط ا جـ يرى بزاوية ا و جـ وخط ب د يرى بزاوية ب و د المتساويتين؛ فإذاً خطا ا جـ ب د يريان متساويين؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

1 و جـ: د جـ – 9 ومثلثا: ومثلثان / و د ه: و د – 10 فكل: وكل – 13 ب و ه ا و ه: ب ه و ا ه و – 17 يريان: يريان من.

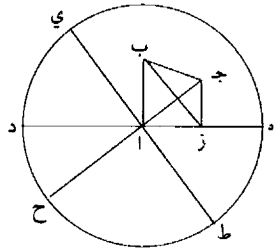
وهنالك نبين أن زاويتي و ه جـ و ه د اللتين في خلاف جهة ميل و إن لم تكونا متساويتين وزاويتي ب ه و ا ه و أيضًا لم تكونا متساويتين ولم يكن زيادة أو نقصان زاوية ب ه و على زاوية ا ه و مساوية لزيادة أو نقصان زاوية جـ ه و على زاوية د ه و، حتى ⟨لا⟩ تتساوى زاويتا ب و د ا و جـ، فإن قطري ا جـ ب د لا يريان متساويين؛ وهو ما أردنا أن نبين.

– لو – ونخط أيضًا لذلك دائرة نفرض مركزها علامة ا وموضع البصر نقطة ب، ونفرض العمود الذي يخرج من علامة ب التي هي الناظر لا يقع على ا التي هي مركز الدائرة، ولكن خارجًا منها على جـ من سطح الدائرة كخط ب جـ. ونخرج خط ا جـ مستقيمًا وخط ا ب مستقيمًا.

فأقول: إن زاوية جـ ا ب أصغر من جميع الزوايا التي تحصرها الخطوط التي تمرّ على نقطة ا في سطح الدائرة مع خط ا ب. فنخرج خط د ه يقطع الدائرة ويمر على علامة ا، ولا يمرّ على علامة جـ. ونفرض علامتي د ه من محيط الدائرة، فخط د ا ه قطر الدائرة. ونخرج عموداً من جـ إلى ز من خط ا ه، ونخرج خط ب ز مستقيمًا، فـ جـ ز عمود على د ه، فزاوية جـ ز ا قائمة / وزاوية ا جـ ب قائمة، وخط ا ب يوترها، فهو يقوى على ٨٩-و خطي ب جـ جـ ا جميعًا؛ وزاوية ب جـ ز قائمة وخط ب ز يوترها، فهو يقوى على خطي ب جـ جـ ز ⟨جميعًا⟩؛ فسطح مثلث ب جـ ز قائم على خط ه ز، فخط ب ز يقطع خط ا ه على زوايا قائمة، فزاوية ب ز ا قائمة، وخط ا ب يوترها، فهو يقوى على خطي ب ز ز ا جميعًا. وقد كان خط ا ب أيضًا يقوى على خطي ب جـ جـ ا، وزاوية ب جـ ز قائمة وخط ب ز يوترها، فهو أطول من خط ب جـ، فخط ا ب يوتر زاويتي ب جـ ا ب ز ا القائمتين، وعمود ب ز أطول من عمود ب جـ. فإذاً قاعدة ا ز أصغر من قاعدة ا جـ، وزاويتا جـ ب ا وب ا جـ معادلتان لقائمة، وكذلك زاويتا ز ب ا ز ا ب جميعًا من مثلث ا ب ز معادلتان لزاوية قائمة. وقد تبين أن قاعدة ا جـ أعظم من قاعدة ا ز، والضلع الأعظم من كل مثلث يوتر زاويته

4 تتساوى: متساوا – 5 أردنا: والصحيح «نريد»، لأنه سيبرهن عليها فيما يتلو – 15 من هنا إلى ورقة ٩٦–ظ، كتبت المخطوطة بالخط الأول / وخط: فخط – 18 ه ز: جـ ز – 21 ب ز ا: جـ ر ا.

العظمى، فإذاً نسبة زاوية جـ ب ا من مثلث ا جـ ب إلى زاويته القائمة أعظم من نسبة زاوية ا ب ز من مثلث ا ب ز إلى زاويته القائمة؛ فإذاً نسبة زاوية مثلث ا ب جـ الباقية المتممة لزاويته القائمة التي هي زاوية ب ا جـ إلى زاويته القائمة أصغر من نسبة زاوية ب ا ز الباقية من مثلث ب ا ز المتممة للقائمة إلى زاويته القائمة، وكل الزوايا القائمة التي من خطوط مستقيمة فهي متساوية، فإذاً زاوية ب ا جـ أصغر من زاوية ب ا ز؛ وهو ما أردنا أن نبيّن.



وبهذا التدبير تبين أن زاوية ب ا جـ أصغر من كل زاوية تحدث بخط ب ا وخط مستقيم ‹يمرّ› على علامة ا في سطح دائرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

وهنالك يتبين أنه كلما بعد الخط المستقيم القاطع للدائرة على مركزها الذي يحدث به وبخط ا ب زاوية من الخط الخارج من البصر إلى مركز الدائرة، اتسعت تلك الزاوية حتى ينتهي ذلك الخط إلى أن يكون عموداً على علامة ا من خط جـ ا ح – ونفرض ح على محيط الدائرة – كخط ا ط، فحينئذ تصير زاوية ب ا ط قائمة، لأن خط ب ا وخط جـ ا ح في سطح واحد، وط ا عليه قائم، فإذا جاز ذلك نحو علامة ح، انفرجت الزاوية، وكما دنت من ح ازدادت انفراجاً حتى ينتهي إلى ح. فإذا انتهت ط إلى ح، كانت الزاوية التي يحيط بها خطا ب ا ا ح أوسع منفرجة تحدث

7 نجد في الهامش: «لأن ا ب يوتر زاويتي قائمتين، فهو قطر الدائرة يقع فيها ما بين القائمتين، وأحد محيطي إحدى القائمتين أعظم من إحدى محيطي القائمة الأخرى، فالآخر أصغر كما بين في أوتار الدائرة ولأن مربع ا ب مثل مربعي المحيطة بالقائمة في كلي المثلثين».

بالخطوط المارّة على مركز ا وخط ا ب، كزاوية ب ا ح. / فإذا جازت ح عرض لها من ضيق المنفرجة ويزيد في ذلك كالذي عرض لها وهي في جهة ط حتى ينتهي إلى خط ط ا ي المقاطع لخط جـ ح على زوايا قائمة، فعند ذلك تكون الزاوية التي يحيط بها خطا ب ا ا ي قائمة، ثم كلما دنت ي التي على محيط الدائرة إلى ه، ازدادت زاوية ي ا ب احتداداً حتى ينتهي إلى سمت جـ ويركب خط ط ي خط جـ ح، فتصير زاوية ب ا جـ أصغر الزوايا الحادثة من الأقطار ومن خط ا ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن. ٨٩-ظ

وقد ينبغي أن نقدم أيضًا أشياء يتضح بها أي الأقطار يرى أعظم وأيها يرى أصغر إذا لم يكن الخط الخارج من البصر عموداً على مركز الدائرة ولا مساويًا لنصف قطر الدائرة.

فنقول: إنه قد تبين في كتاب *الأسطقسات الرياضية* أن كل الزوايا التي تقع في قطعة دائرة على قوسها ويوترها وتر تلك القوس متساوية. وكل قطعة دائرة وترها قطر الدائرة، فإن سهمها، أعني العمود الخارج من قوسها الواقع على وترها القاسم لوترها بنصفين إلى محيطها، 〈ونصف وترها〉 متساويان. وأما القطعة التي يكون سهمها أطول من نصف وترها، فهي التي هي أعظم من نصف دائرة. والخطوط التي تخرج من العلامة الفاصلة لوترها بنصفين إلى محيطها، أطولها سهمها، ثم الذي يليه، ثم كلما بعد من السهم، كان أقصر حتى يكون أقصرها نصف وترها. فأما القطعة التي هي أقلّ من نصف دائرة، فإن سهمها أقصر الخطوط الخارجة من العلامة الفاصلة لوترها بنصفين إلى محيط الدائرة، ثم 〈الذي يليه ثم〉 كل ما بعد من السهم من هذه الخطوط، كان أعظم حتى يكون أعظمها نصف وتر القوس التي هي محيطة بقطعة أصغر من نصف دائرة. وتبين أن كل مثلثين قاعدتهما واحدة وزاوية أحدهما في سطح الآخر، فإن زاوية المثلث الأصغر أعظم من زاوية المثلث الأعظم.

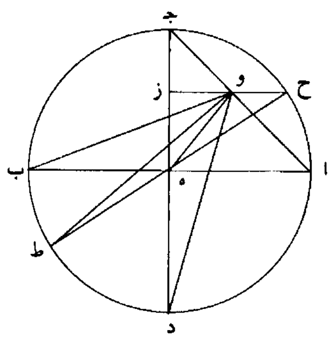
5 ي ا جـ: جـ ا ب – 6 ب ا جـ: ب جـ ا – 13 سهمها: سمتها – 15 متساويان: متساوية – 17 العلامة: علامة – 23 وتبين: وبين.

– لز – وإذ قدمنا ذلك، فلنبيّن الآن أي الأقطار التي للدائرة يرى أعظم وأيها يرى أصغر إذا لم يكن الخط الخارج من البصر إلى مركز الدائرة عموداً على سطح الدائرة ولا مساوياً لنصف قطرها.

فنقول: إن كان ليس بمساوٍ لنصف قطرها، فإما أن يكون أعظم من نصف قطرها وإما أصغر.

فلنفرضه أوّلاً أعظم.

فنقول: إن الذي يرى أصغر أقطار الدائرة التي ليس الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركزها عموداً على سطحها ولا مساوياً لنصف قطرها، هو القطر الذي يمكن أن يخرج / من البصر إليه عمودٌ واقعٌ عليه ٩٠-و وعلى سطح الدائرة.

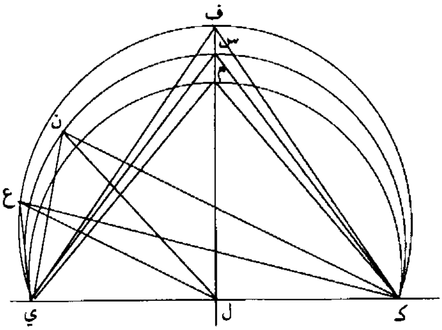


مثال ذلك: أن نفرض الدائرة دائرة ا ج ب د، ونفرض خطي ا ب ج د المستقيمين قطرين يتقاطعان على ه على زوايا قائمة، ونفرض مركزها على علامة ه، ونفرض الناظر عند علامة و، ونفرض خط ه و الخارج من الناظر إلى مركز الدائرة الذي هو ليس بعمود على سطح الدائرة ولا هو مساوٍ لنصف قطرها، ونفرض العمود الخارج من و يقع على خط ج ه على علامة ز. فإذاً مثلث ه و ز ‹في› سطح قائم على سطح دائرة ا ج ب د

1-9 نجد في المخطوطة بإزاء هذه السطور تعليقًا في الهامش يكرر كاتبه كلمات الكندي مع اضطراب، وهو: «هو القطر الذي يقع عليه العمود من البصر عليه وعلى سطح الدائرة عموداً يقطاعه على زوايا قائمة، وهو في مثاله ا ب إذا كان العمود من البصر على سطح الدائرة أعظم من نصف القطر، وأما إذا كان أصغر من نصف القطر فإن أعظم الأقطار هو القطر الذي يقع عليه وعلى سطح الدائرة عمود من البصر، وهو في مثاله ج د»– 2 وأيها: وانها – 4 إن: اذ – 7 أصغر: أعظم / الخط: مكررة.

على زوايا قائمة، والفصل المشترك والدائرة هو خط ه ز؛ فإذاً كل الخطوط المستقيمة الخارجة من ه في مثلث ه و ز هي أعمدة على خط ا ب؛ ونخرج قطراً يمرّ على ه وتقع نهاياته على قوسي ا جـ ود ب، أما في قوس ا جـ فعند علامة ح، وأما في قوس ب د فعند علامة ط.

فأقول: إن خط جـ د يرى من و أصغر من خط ح ط، وح ط يرى أصغر من ا ب.



برهان ذلك: أن نخرج 〈في〉 ناحية من الدائرة خط ي ك، ونفرضه مساوياً لقطر الدائرة، أعني خط ا ب، ونفصله بنصفين على علامة ل، ونقيم على ل عموداً عليه [من] ل م، ونفرض ل م مساوياً لخط ه و، ونخرج خطين مستقيمن من م إلى ي ومن م إلى ك، ونعمل على مثلث ي ك م قطعة دائرة يكون وترها خط ي ك، وهي قطعة دائرة ي م ك. فبيّن أن قطعة دائرة ي م ك أعظم من نصف دائرة وزاويةَ ي م ك مساوية لزاوية ا و ب، لأن قاعدة ا ب مساوية لقاعدة ي ك وخطّ ه و عمود على خط ا ب ومساوٍ لخط ل م العمود على خط ي ك، وا ه مساوٍ لـ ه ب وك ل مساوٍ لخط ل ي، فخط ا و مثل خط ك م وخط و ب مثل خطّ م ي، فزاوية ا و ب مساوية لزاوية ك م ي. وزاوية ا ه و أعظم من زاوية ح ه و كما قدمنا في الشكل الذي قبل هذا: أن أعظم الزوايا الحادثة من خط ه و والخطوط الخارجة من نقطة ه في سطح الدائرة هي الزاوية الحادثة من خط

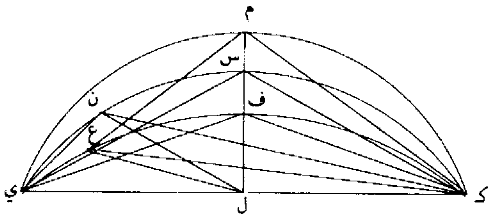
16 ح ه و: ه ح و.

ه و، منه ومن الخط الخارج من و إليه عمود. ونقيم على علامة ل خطًا مستقيمًا مساويًا لخط ه و، وهو خط ل ن، تكون الزاوية الحادثة منه ومن خط ل ي مساوية لزاوية ح ه و. ونخرج من ن خطًا مستقيمًا إلى ي وخطًا مستقيمًا إلى ك، ونعمل على مثلث ي ن ك قطعة دائرة وترها خط ي ك، وهي قطعة ي ن ك./ وقد بينا أن م ل أطول من ل ي وأن الخط الخارج من ٩٠-ظ ل إلى قطعة ي م ك، إذ هي أعظم من نصف دائرة، أقصر من خط ل م. وخط ن ل مساوٍ لخط ل م. فإذًا ن تقع خارجًا من قوس ي م ك، والدائرة التي تقع عليها إذ هي أيضًا أعظم من نصف دائرة لأن أصغر أعمدتها الذي هو ل ن أعظم من نصف وترها؛ فإذًا عمودها الخارج من ل المارّ على م المنتهي إلى س من قوس ك س ي أطول من ل ن، فزاوية ك س ي أصغر من زاوية ك م ي لما قدمنا، وزاوية ك ن ي مساوية لزاوية ك س ي لأنهما في قطعة واحدة من دائرة. وخط ن ل مساوٍ لخط ه و وخط ل ي مساوٍ لخط ه ط ‹و›ك ل مساوٍ لخط ه ح وزاوية ح ه و مساوية لزاوية ي ل ن، فتبقى زاوية و ه ط مساوية زاوية ن ل ك. فخط ن ي مساوٍ خط ح و وخط ن ك مساوٍ و ط، فزاوية ي ن ك مساوية زاوية ح و ط. وقد تبين أن زاوية ي م ك المساوية لزاوية ا و ب أعظم من زاوية ي ن ك المساوية لزاوية ح و ط؛ فإذًا زاوية ا و ب أعظم من زاوية ح و ط، فإذًا قطر ا ب أعظم من قطر ح ط. وقد تبين لما تقدم في الشكل الذي قبل هذا أن زاوية و ه ز أصغر من زاوية ح ه و وزاوية ح ه و مساوية لزاوية ن ل ي، فزاوية ن ل ي أعظم من زاوية و ه ز. فنقيم على علامة ل خط ل ع مساويًا خط ه و، ونفرض زاوية ي ل ع مساوية ز ه و، ونخرج خطين مستقيمين من ع إلى ي وإلى ك، ونخطّ على مثلث ي ع ك قطعة دائرة وترها ي ك، وهي قطعة ي ع ف ك. فبيّنٌ أن خط ل ع خارج من قوس ن ي لأنه مساوٍ لخط ل ن وأقرب إلى ي ل من ل ن. فإذًا العمود الخارج من ل إلى قوس ي ع ف ك أطول من عمود ل س. فنفرضه عمود ل س ف، ونخرج خطين مستقيمين من ف إلى ي وإلى ك، فزاوية ك س ي المساوية لزاوية ك ن ي

8 أعمدتها: عمودها.

أعظم من زاوية ك ف ي؛ وزاوية ك ف ي مساوية لزاوية ك ع ي لأنها في قطعة دائرة واحدة وعلى محيطها ووترهما وتر القطعة. وخط ل ع مساوٍ لخط ه و وخط ه جـ مساوٍ لخط ل ي وخط ه د مساوٍ لخط ل ك وزاوية ع ل ي مساوية زاوية و ه جـ، وتبقى زاوية ع ل ك مساوية زاوية و ه د. فخط ع ي مساوٍ خط و جـ وخط ع ك مساوٍ خط و د وزاوية جـ و د مساوية زاوية ي ع ك. وقد تبين أن زاوية ك ن ي المساوية لزاوية ح و ط أعظم من زاوية ك ع ي. / فزاوية ح و ط أعظم من زاوية جـ و د؛ فقطر ٩١-و ح ط يرى من و أعظم من قطر جـ د. فقد تبين أن ا ب يرى من و أعظم من ح ط، وح ط أعظم من جـ د؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

وهنالك تبين لنا أنه إن كان خط ه و أقصر من نصف قطر الدائرة، فإن خط ا ب يرى أقصر من خط ح ط، وح ط يرى أقصر من خط جـ د.



لأنا نفرض خط م ل مساوياً لخط ه و. فإذاً قطعة دائرة ي م ك أصغر من نصف دائرة، فأقصر الخطوط التي تخرج من ل إلى المحيط هو خط ل م، وأطولها خط ل ي وكل ما قرب من ي كان أطول مما بعد منها وقرب إلى م. فإذاً زاوية ي م ك مساوية لزاوية ا و ب. ونخرج من ل خط ل ن مساوياً لخط ه و، فهو مساوٍ لخط ل م وهو يقصر عن قوس م ي، فالعمود الذي من ل إلى قطعة ي ن ك أقصر من عمود ل م. فنفرضه عمود ل س، فزاوية ي س ك المساوية لزاوية ح و ط أعظم من زاوية ي م ك المساوية لزاوية ا و ب. فخط ا ب يرى أصغر من خط ح ط، إذ يرى بزاوية أصغر. وخط ع ل يقصر عن قوس ي س ك، والعمود الخارج من ل إلى قوس ي ع ك أقصر من خط ل ع. فنفرضه عمود ل ف، فزاوية <ي ن ك أصغر

من زاوية ي ع ك، فزاوية> ي ع ك المساوية لزاوية جـ و د أعظم من زاوية ي س ك المساوية لزاوية ح و ط؛ فإذاً خط جـ د يرى أعظم من خط ح ط. لأن أحوال الشكل الذي قاعدته ي ك مساوية لأحواله وأوضاعه حين كان أعظم من نصف دائرة إلا أن زاوية س التي كانت أصغر من زاوية م صارت أعظم، لأنها صارت في داخلها، وزاوية ف التي كانت أصغر من زاوية س صارت أعظم من زاوية س، لأنها صارت في داخلها. فزاوية ن أعظم من زاوية م وزاوية ع أعظم من زاوية ن، فزاوية و التي يوترها خط ح ط أصغر من زاوية و التي يوترها خط جـ د، وزاوية و التي يوترها خط ا ب أصغر من زاوية و التي يوترها خط ح ط. فإذا كان خط ه و أصغر من نصف القطر، فإنه يرى جـ د من و أعظم من ح ط وح ط أعظم من ا ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن./

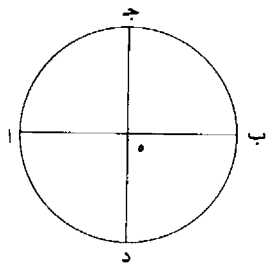
– لح – بَكَرات العجل ترى وهي في حركتها تارة مستديرة وتارة غير مستديرة. ٩١-ظ

مثال ذلك: أن نفرض البكرة دائرة ا جـ ب د ونخرج فيها قطرين متقاطعين على زوايا قائمة، ونفرضهما قطري ا ب وجـ د، ومركزها علامة ه.

فأقول: إن دائرة ا جـ ب د ترى تارة مستديرة وتارة غير مستديرة.

برهان ذلك: أنه إذا كان الخط المستقيم الخارج من البصر إلى علامة ه التي هي مركزها عموداً على ه من خطي ا ب جـ د، فإن الأقطار التي تقع فيها جميعاً ترى متساوية، فباضطرار أن يكون بكرة ا جـ ب د ترى مستديرة.

1 ي ع ك: يفك – 2 ح و ط: يوط – 9 كان: ار – 10 ح ط: خط – 15 ونفرضهما: ونفرضها.



وأيضًا إن كان الخط المستقيم الخارج من البصر إلى علامة ه مساويًا لنصف قطر ا ب، فإن الأقطار التي تخرج في الدائرة جميعًا ترى متساوية أيضًا كما بينا آنفًا؛ فبيّن أن بكرة ا جـ ب د ترى مستديرة.

وإن كان الخط المستقيم الخارج من البصر إلى علامة ه ليس بعمود على سطح دائرة ا جـ ب د، ولا مساويًا لنصف قطر الدائرة، فإن الأقطار القاطعة للدائرة ترى مختلفة، فبيّنٌ أن بكرة ا جـ ب د ‹ترى› لذلك غير دائرة.

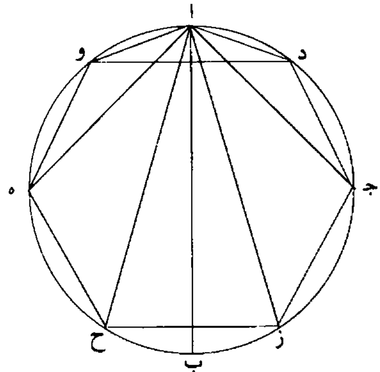
وهذا يعرض لكل دائرة أو مستدير وقع الخط المستقيم الخارج من البصر إلى مركزها عموداً على سطحها، أو إن لم يكن عموداً، كان مساويًا لنصف قطر الدائرة، أن ترى الدائرة لذلك مستديرة وإن خالف ذلك، رئيت منحرفة غير مستديرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– لط – للناظر موضع إذا ثبت فيه وانتقل المنظور إليه على سطح واحد، رأى المنظور إليه في مواضع مختلفة متساوي العظم، وهو إذا كان المنظور إليه وضع نهايتيه جميعًا عن يمين الناظر أو عن يساره أو مقابلاً له؛ إلا أن زاوية الشعاع الخارج من البصر في قطعة الدائرة التي كانت فيها زاوية الشعاع ونهايتا المنظور إليه ‹هي› عن يمين الناظر أو عن يساره ‹أو مقابلاً له›.

مثال ذلك: أن نفرض الناظر عند علامة آ والمنظور إليه – نهايتاه جميعًا يسرة آ وهو في موضع خط جـ د. ونخرج من آ إلى جـ وإلى د خطين مستقيمين. وندير دائرة تمر على علامات آ د جـ.

7 دائرة: دائر – 8 نجد في الهامش دون إشارة «مع شكل» – 15 كانت: كان.

فأقول: إن جـ د إذا انتقل، ونهايتاه على محيط دائرة ا د جـ ز، فإنه في جميع المواضع يرى متساويًا ما كانت نهايتاه جميعًا في جهة واحدة، إما يمنة عن الناظر وإما يسرة عنه وإما مقابلاً، وزاوية الشعاع الخارج ⟨من البصر⟩ المحيط بنهايتيه في قطعة الدائرة / التي كانت فيها زاوية الشعاع ٩٢-و الخارج إلى نهايتي المنظور ⟨إليه⟩، والمنظور إليه يمنة عن الناظر أو يسرة ⟨أو مقابلاً له⟩.



برهان ذلك: أن خط جـ د قطع الدائرة بقطعتين، صغرى وعظمى، أما الصغرى فهي التي قوسها جـ د، وأما العظمى فهي التي قوسها د ا ز جـ. وكل زاوية تقع في قطعة الدائرة العظمى التي هي قطعة دائرة د ا ز جـ، ويوترها خط جـ د فهي متساوية، فخط جـ د يرى بزاوية جـ ا د، فإذا انتقل فصار في موضع جـ ز، فإن زاوية جـ ا ز مساوية لزاوية جـ ا د، لأن قواعدهما متساوية، أعني جـ ز وجـ د وهما في قطعة دائرة واحدة وعلى محيطها. وكذلك إذا انتقل فصار على موضع ز ح، كانت زاوية ز ا ح مساوية لزاوية ز ا جـ لأنهما جميعًا في قطعة واحدة وقواعدهما متساوية. وكذلك إذا انتقل وصار في موضع ح ه، فإن زاوية ح ا ه مساوية لزاوية ز ا ح؛ وكذلك أيضًا إذا انتقل فصار في موضع ه و، فإن زاوية ه ا و مساوية لزاوية ح ا ه، فهو إذاً يرى في هذه المواضع جميعًا – وكيفما كانت زاوية النظر إليه في قطعة واحدة من الدائرة لم تبدل– متساويًا أبداً من علامة ا. فإن تبدلت زاوية الشعاع المحيطة به قطعة الدائرة فصارت في

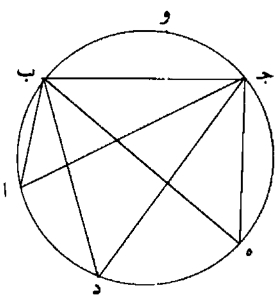
3 وزاوية: فزاوية – 16 ه و: ه ه / ه ا و: ه ا.

قطعة جـ د، رأى خلاف ذلك، كانتقاله ويصير يقطع القطر الخارج إلى ب كوقوع د و. فإن الزاوية التي يوترها خط د و هي الموافقة [المساوية] للقطعة التي يحيط بها قوس جـ د الصغرى، فزاوية و ا د أعظم من زاوية جـ ا د، فيرى المنظور إليه إذا صار في موضع و د أعظم ‹لأنه يرى من علامة ا بزاوية و ا د العظمى فيرى أعظم›؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ‹م› – وهنالك نبين أن المنظور إليه إذا كان ثابتًا، فقد يمكن أن ينتقل البصر في مواضع مختلفة، وهو يرى المنظور إليه واحداً، لم يزد ولم ينقص في عظمه.

مثال ذلك: أن نفرض الناظر أوّلاً في موضع ا والمنظور إليه في موضع جـ ب، ‹و›نهايتاه جميعًا عن يسار الناظر، ويكون المنظور إليه ثابتًا والبصر منتقلاً.

فأقول: إنه يرى ب جـ بحال واحدة في العظم، لا زائداً ولا ناقصًا، وذلك إذا كانت زاوية الشعاع الخارج إلى نهايتي عظم ب جـ في قطعة واحدة من الدائرة غير متبدلة.



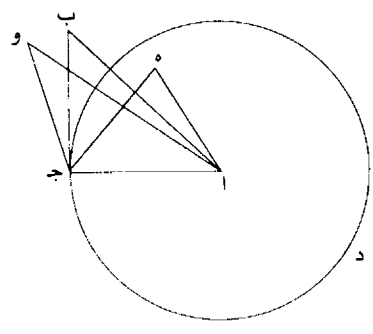
برهان ذلك: أن نخرج من ا خطين مستقيمين إلى علامتي ب وجـ، ونخطّ دائرة تمرّ على علامات ا ب جـ،/ فالناظر ينظر ‹إلى› عظم ب جـ ٩٢-ظ بزاوية ب ا جـ التي في قطعة دائرة ا ب جـ التي هي قطعة ب ا جـ. ثم ينتقل البصر إلى علامة د ويبعد عن ب جـ. ونخرج من د خطين مستقيمين إلى ب وجـ، فزاوية ب د جـ مساوية لزاوية ب ا جـ، لأنهما

1 ويصير: ويصيره – 19 لأنهما: لانها.

<في قطعة واحدة و>توترهما قوس واحدة من محيط الدائرة. ثم ينتقل البصر أيضًا ويبعد عن د إلى علامة ه. ونخرج خطين مستقيمين من ه إلى ب وإلى جـ، فزاوية ب ه جـ مساوية زاوية ب د جـ، فعظم ب جـ يرى من علامات ا ود وه وجميع المواضع التي ينتقل فيها من قطعة الدائرة التي عليها ب ا د ه جـ بحال واحدة في عظمه لا زائداً ولا ناقصًا. فإن بدل الناظر موضعه من قطعتي الدائرة فصار في القطعة التي يحيط بها قوس جـ ب، رأى المنظور إليه مخالفًا لما كان يرى عليه في العظم، كانتقاله إلى علامة و من قوس جـ ب، فإنه يرى عظم ب جـ بشعاعي و ب و جـ. وقطعة جـ ب أصغر من قطعة ب ا د ه جـ، فإذاً الناظر يرى جـ ب من علامة و أعظم مما يراه من جميع العلامات التي في قطعة ب ا د ه جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– <ما> – كل عظم له سمك موضوع على سطح معتدل، فإنه يمكن أن يوضع الناظر من السطح المعتدل الذي عليه العظم في موضع ويتحرك العظم وينتقل في مواضع مختلفة، وسمكه يرى بحال واحدة لم يتبدل في عظمه.

مثال ذلك: أن نفرض الناظر عند علامة ا والمنظور إليه ذا السمك في موضع ب جـ، وجـ منه في السطح المعتدل الذي فيه ا وب عالية على السطح المعتدل. ونصل ا جـ بخط مستقيم هو خط ا جـ، ونخطّ على ا وببعد جـ دائرة جـ د.



12 موضع: موصوع – 15 ذا: اذا – 17 ا جـ: ابجـ.

فأقول: إن عظم ب جـ إذا كان قائمًا من خط ا جـ على زاوية قائمة، إذ كان قائمًا على سطح دائرة جـ د أو لم يكن كذلك، فإنه إذا انتقل بانتقال خط ا جـ على محيط الدائرة التي هي دائرة جـ د، فإنه يرى من علامة آ بحال واحدة في عظمه لا أزيد ولا أنقص مما كان عليه قبل حركته.

برهان: أنه لا يخلو من أن يكون قائمًا على سطح دائرة جـ د على زوايا قائمة أو يكون مائلاً إلى جهة مركز الدائرة أو مائلاً إلى خارج الدائرة.

فلنفرضه أوّلاً عمودًا على سطح دائرة جـ د ونخرج من آ خطًا مستقيمًا إلى ب، فزاوية ا جـ ب قائمة وزاوية جـ ا ب هي الخارجة من الناظر، أعني التي يحيط بها شعاعا الناظر الخارجان إلى علامتي جـ وب، فكيفما يتحرك خط جـ ا وآ راكزة في مركز الدائرة، انتقل سطح ا جـ ب ‹المثلث› على هيئته على سطح دائرة جـ د، فزاوية ب ا جـ كيف انتقل خط ا جـ وآ راكزة في مكانها، على حال واحدة لم تتسع ولم تضق، فحيث مرّ عظم ب جـ من محيط دائرة جـ د، فهو يرى بزاوية ب ا جـ؛ فهو إذاً كيف / انتقل على محيط دائرة جـ د، يرى بحال واحدة في العظم لا زيادة ٩٣-و ولا نقص.

ثم نفرض جـ ب مائلاً للأعلى إلى جهة مركز الدائرة كخط جـ ه. ونخرج من آ إلى ه خطًا مستقيمًا فسطح جـ ا ه المثلث متساوي الزوايا ‹لأنا نفرض خطي ا ه جـ ه كل واحد مثل ا جـ فهو متساوٍ› أبداً، فكيف انتقلت جـ على محيط الدائرة وآ راكزة وانتقل خط جـ ب، انتقل سطح ا جـ ه على سطح الدائرة وزاوية جـ ا ه واحدة أبداً غير متبدلة. وهي الزاوية الخارجة من الناظر إلى عظم جـ ه. فـ جـ ه يرى أبداً - كيف انتقلت جـ على محيط الدائرة وتقلبه عن هيئته مع سطح جـ ا ه - بحال واحدة في العظم لا زيادة ولا نقص.

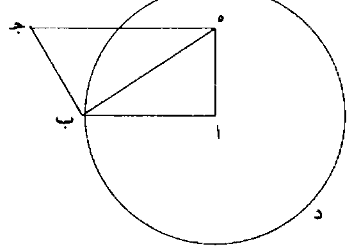
1 على: من – 2 جـ د أو: جـ د ا ا د – 5 يخلو: غير واضحة – 11 فكيفما: فكيف ما – 12 ب ا جـ: د ا جـ – 17 مائلاً: مايل / إلى جهة مركز الدائرة: أثبتها في الهامش – 20 انتقل: نقل – 21 متبدلة: منتقلة.

وبهذا التدبير نبين أن علامة ب إن كانت مائلة إلى خارج الدائرة فصار جـ ب في موضع جـ و، وانتقلت جـ على محيط الدائرة فإن جـ و يرى متساويًا من علامة آ، لأن زاوية جـ آ و أبداً بحال واحدة في العظم لا تضيق ولا تتسع؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ‹مب› – وهنالك نبين أنه إن كانت الشرائط على ما قدمنا، وأقيم على مركز الدائرة الذي هو علامة آ عمود كخط آ ه، وفرض الناظر في موضع ه، فإن عظم ب جـ إذا تحرك على محيط الدائرة بحركة خط آ ب بأن تكون آ ثابتة وب منتقلة، رئي متساويًا حيث كان من محيط الدائرة.

مثال ذلك: أن نفرض الدائرة دائرة ب د والعظم ب جـ والخط الخارج من مركزها إلى علامة ب خط آ ب، والعمود القائم على سطح الدائرة على مركزها عمود آ ه، كيف كان في الطول، وموضع الناظر علامة ه. ونخرج من ه خطين مستقيمين إلى ب وإلى جـ.

فأقول: إن خط ب جـ يُرى من علامة ه حيث كانت ب من محيط الدائرة بقدر واحد لا زيادة ولا نقص.



برهان ذلك: أن زاوية آ ب جـ غير متبدلة كما فرضنا، حيث وقعت ب من محيط الدائرة، منفرجة كانت أو حادّة أو قائمة. و‹سطح ب جـ آ عمود على سطح الدائرة›، عموداً كان خط ب جـ على سطح الدائرة أو مائلاً، وزاوية ب آ ه قائمة أبداً لأن آ ه عمود على مركز سطح دائرة

2 فإن: ان – 10 علامة: خط – 14 واحد: واحدة.

ب د ، والشعاع المحيط بنهايتي ب جـ عند خطي ه ب ه جـ، فزاوية ه ب ا بحال واحدة غير متغيرة في عظم ولا صغر، حيث كانت ب من محيط الدائرة. فتبقى زاوية ه ب جـ غير متغيرة أيضًا في عظم ولا صغر، حيث كانت ‹ب› من محيط الدائرة، وه ب ب جـ سواءٌ غير مختلفين أبداً، حيث كانت ب من محيط الدائرة. فإذاً زاوية ب ه جـ أبداً ثابتة وزاوية ه جـ ب أيضًا غير متبدلة، ولا واحدة منهما في عظم ولا صغر، حيث كانت ب من محيط الدائرة. / ٩٣-ظ فإذاً ب جـ يرى من ه أبداً بزاوية واحدة غير متغيرة في عظم ولا صغر، حيث كانت ب من محيط الدائرة وهي زاوية ب ه جـ، فإذاً ب جـ يرى بحال واحدة غير متغير في عظم ولا صغر، حيث كانت ب من محيط الدائرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

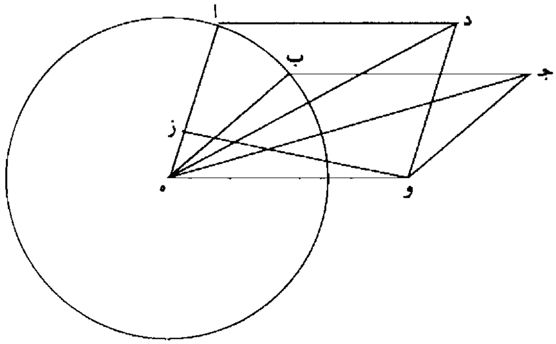
– ‹مجـ› – إذا كانت على محيط دائرة أعظام متساوية متوازية ليست بأعمدة على سطح الدائرة، فإن البصر يراها من مركز الدائرة مختلفة في أحد نصفي الدائرة، ومثل ذلك الاختلاف في النصف الآخر.

مثال ذلك: أن نرسم الدائرة دائرة ا ب، ونفرض خط ب جـ على محيط الدائرة ونفرضه ليس عموداً على سطح دائرة ا ب، بل منحرفًا انحرافًا ما، ونقيم على مركز الدائرة خط ه و مستقيمًا مساويًا خط ب جـ وموازيًا له، ونخرج من و عموداً على سطح الدائرة، وهو خط و ز، ونخرج خط ه ز مستقيمًا ونخرجه من ز على استقامة حتى ينتهي إلى محيط الدائرة عند علامة ا. ونخرج على ا خطًا قائمًا موازيًا لخط ب جـ ومساويًا له.

فأقول: إن خط ا د القائم على طرف القطر الذي وقع عليه عمود و ز يرى أصغر من خط ‹ب جـ›.

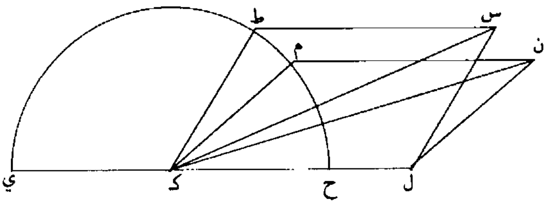
برهان ذلك: أن خطوط ه و ب جـ ا د متوازية متساوية، فالواصلة بين أطرافها متوازية متساوية. فإذاً خط ب ه مساوٍ خط جـ و، وجـ ه متوازي الأضلاع. وكذلك ه و مساوٍ ا د ‹و›موازٍ له، فخط ا ه مساوٍ خط د و

4 ب جـ: ب ه جـ – 6 منهما: منها – 19 ونخرج على آ خطًا قائمًا: لا يقصد خطًا قائمًا على زوايا قائمة ولكن خطًا قائمًا مع انحراف. أثبت «نخرج» في الهامش – 25 وكذلك: ولذلك.



‹وهما› الواصلان بين أطرافها. ونصل ه د وه جـ. ونفرض خط ب جـ أولاً أعظم من نصف قطر دائرة ا ب، ونرسم ‹في› ناحية من دائرة ا ب نصف دائرة عليها ح ط ي مساوياً لنصف دائرة ا ب، [ونرسم ناحية من دائرة ا ب] ووتره الذي هو القطر خط ح ي، ونفصل خط ح ي بنصفين على علامة كـ التي هي المركز، ونخرج خط كـ ح من جهة ح على استقامة إلى علامة ل، ونفرض كـ ل مساوياً لخط ه و. وزاوية ا ه و أصغر زاوية تحدث من خط ه و وخط مستقيم يمرّ على ه، فزاوية ا ه و أصغر من زاوية ب ه و. ونقيم على علامة كـ من خط ل كـ زاوية مساوية زاوية و ه ب ‹وهي زاوية ل كـ ط، وزاوية مساوية زاوية ا ه و› وهي زاوية ل كـ م. وط من قوس ح ط ي وم من قوس ح ط ي. وخطا ل كـ كـ م مساويان لخطي ه و ا ه وزاوية م كـ ل مساوية زاوية ا ه و. ‹و›نخرج من م خطاً مستقيماً في جهة ل مساوياً خط كـ ل وموازياً له وهو خط م ن. ونخرج خط كـ ن مستقيماً، فمربع ن كـ متوازي الأضلاع مساوٍ لمربع د هـ، لأن / ا د وه و ٩٤-و
المتوازيين المتساويين، مساوٍ كل واحد منهما خطي ل كـ م ن المتوازيين المتساويين؛ ولذلك خطا ا ه د و المتوازيان المتساويان مساوٍ كل واحد منهما لكل واحد من خطي م كـ ن ل المتوازيين المتساويين.

1 الواصلان: الواصلين – 5 إلى: االى – 6 ا ه و: ا ه – 10 ح ط ي: ح ط / وخطا: فخطا – 10-11 ه و ا ه: ا ه ه و – 12 م ن: في هذا الجزء من المخطوطة يخلط الناسخ بين الحروف الهندسية وخاصة النون والزاي ولن نثبتها – 16 منهما: منها.



وبهذا التدبير نبين أنا إذا أخرجنا من ط في جهة ل خطًا مستقيمًا مساويًا لخط ل ك وموازيًا له، وهو خط ط س، وأخرجنا خط ل س مستقيمًا، كان خط س ل مساويًا خط ط ك وموازيًا له؛ ومربع س ك متوازي الأضلاع مساوٍ مربع ه ب جـ و ومشابه له، لأن ب جـ مثل ط س وهو مثل ك ل وو جـ مثل س ل وب ه مثل ط ك. ونخرج قطري س ك ن ك. وزاوية ط ك ل أعظم من زاوية ل ك م، ولذلك النصف أعظم من النصف، فزاوية ط ك س أعظم من زاوية م ك ن؛ وزاوية ا ه د مساوية زاوية م ك ن وزاوية ب ه جـ مساوية زاوية ط ك س، وزاوية ط ك س أعظم من زاوية م ك ن، فزاوية ب ه جـ أعظم من زاوية ا ه د. وخط ب جـ يرى بزاوية ب ه جـ العظمى، وخط ا د يرى بزاوية ا ه د الصغرى، فخط ا د يرى أصغر من خط ب جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

وأيضًا نفرض خط ب جـ مساويًا لنصف قطر الدائرة الذي هو ب ه.

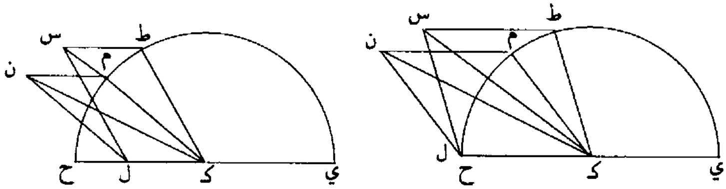
فأقول: إنه كذلك يعرض، أعني أن خط ا د يرى أقصر من خط ب جـ.

برهان ذلك: أنا نعيد نصف الدائرة، ونفرض خط ي ك مساويًا خط ط س، فمربع ط ل متوازي الأضلاع ومربع ك ن متوازي الأضلاع، وزاوية ط ك ل أعظم من زاوية م ك ل، فزاوية ط ك س أعظم من زاوية م ك ن؛ وزاوية ط ك س مساوية زاوية ب ه جـ، كما قدمنا، وزاوية ا ه د مساوية

6 وزاوية: فزاوية – 7 وزاوية: فزاوية – 8 وزاوية (الأولى): فزاوية – 18 ا ه د: ا ه جـ.

زاوية م ك ن كما قدمنا. فإذاً خط ا د يرى بزاوية ا ه د الصغرى وخط ب جـ يرى بزاوية ب ه جـ الكبرى، فإذاً خط ا د يرى من ه أصغر من خط ب جـ؛ وهو ما أردنا أن نبين.

ونفرض خط ب جـ أقصر من نصف قطر الدائرة الذي هو ب ه.



فأقول: إنه يعرض مثل ذلك، أعني أن ا د يرى أصغر من خط ب جـ.

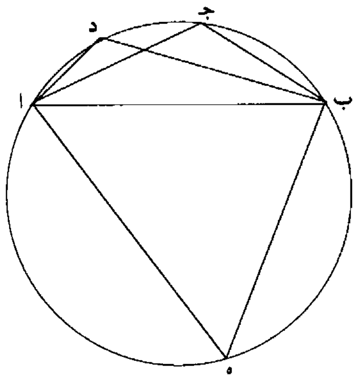
برهان ذلك: أن نعيد نصف الدائرة، ونفرض خط ط س أصغر من نصف قطرها وهو موازٍ خط ك ل، فمربع ك ط س ل متوازي الأضلاع، وط س مساوٍ ك ل. وكذلك ن م مساوٍ ك ل، فمربع ن م ك ل متوازي الأضلاع، وزاوية ط ك ل أعظم من زاوية م ك ل؛ فإذاً زاوية ط ك س أعظم من زاوية م ك ن. وزاوية ط ك س مساوية لزاوية ب هـ جـ، كما قدمنا، وزاوية م ك ن مساوية زاوية ا ه د، كما قدمنا. فخط ا جـ يرى بزاوية ا ه د الصغرى وخط ب جـ يرى بزاوية ب ه جـ الكبرى، فخط ا د يرى من ه أصغر من خط ب جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبين. /

– ‹مد› – قد يوجد للبصر خط يسلك عليه يرى منه المبصر، إذا كان ثابتًا، بقدر واحد لا يزيد ولا ينقص. ٩٤-ظ

مثال ذلك: أن نفرض المبصر في موضع خط ا ب، ونفرض البصر في موضع جـ، ونخرج خطي ا جـ ب جـ مستقيمين، ونخطّ على زاوية ا جـ ب دائرة.

1 ا ه د: ا د ه – 7 ك ط س ل: ك ط س ع، أبدل الناسخ ل بـ ع ابتداءً من هنا، وآثرنا الاحتفاظ بـ ل – 9 م ك ل: م ك م.

〈فأقول: إن〉 البصر حيث سلك من قوس ب جـ ا، رأى ا ب بقدر واحد لا يزيد ولا ينقص.



〈برهان ذلك:〉 لأن الزوايا التي تقع على قوس ب جـ ا وقاعدتها ا ب كلها متساوية، فحيث كان البصر من قوس ب جـ ا، فإن نهايتي الشعاع الخارجتين منه إلى علامتي ا ب تفعلان زوايا متساوية. فالخطان المستقيمان الخارجان من جـ إلى ب وا فإنهما يحيطان بزاوية ب جـ ا. وإن انتقل البصر من قوس ب جـ ا إلى علامة د، فإن الخطين المستقيمين الخارجين من د إلى ب وإلى ا يحيطان بزاوية ب د ا، وزاوية ب د ا مساوية زاوية ب جـ ا لأنهما في قطعة واحدة من الدائرة وقاعدتهما خط ا ب. فخط ا ب يرى من علامة جـ بزاوية ب جـ ا ومن علامة د بزاوية ب د ا المتساويتين. فخط ا ب يرى من علامة جـ مساوياً له إذا أبصر من علامة د، وكذلك حيث كان البصر من قوس د ا. فإن انتقل إلى قوس ا ه ب وكانت قوس ا ه ب أكبر من قوس ب جـ ا، رئي من جميع 〈قوس〉 ا ه ب متساوياً وأصغر مما يرى من قوس ب جـ ا، لأن الزاوية التي في القطعة العظمى من المحيط أصغر من الزاوية التي في القطعة الصغرى من محيط الدائرة إذ كانت قاعدتهما خط واحد.

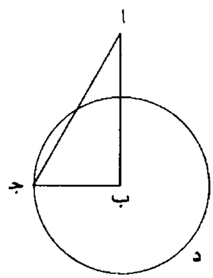
1 البصر: فالبصر – 5 الخارجتين: الخارجين – 16 واحد: واحدة.

وبالعكس فإن قوس ا ه ب إن كانت أصغر من قوس ب جـ ا، رئي خط ا ب من قوس ا ه ب أعظم مما يرى من قوس ب جـ ا، إلا أنه من قوس ب جـ ا كلها يرى متساويًا ومن قوس ا ه ب كلها متساويًا ؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

- ‹مه› - وهنالك نبين أن المنظور إليه إذا كان قائمًا عمودًا على سطح موازٍ لسطح الأفق، فإن للبصر خطًا في ذلك السطح الموازي للأفق إذا تحرك عليه، رأى المنظور إليه أبدًا بحال واحدة في القدر لا يزيد ولا ينقص.

مثال ذلك: أن نفرض المنظور إليه في موضع خط ا ب قائمًا عمودًا على سطح موازٍ للأفق على علامة ب، ونتعلم جـ في جهة من جهات ب كيف وقعت، ونخطّ على ب وببعد جـ دائرة جـ د، ونخرج خط ب جـ مستقيمًا وخط ا جـ مستقيمًا.

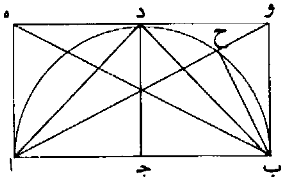
فأقول: إن البصر كيف تحرك من محيط دائرة جـ د، رأى عظم ا ب واحدًا في القدر غير متبدل لا إلى أعظم ولا إلى أصغر.



برهان ذلك: أن الخطوط التي تخرج من ب إلى محيط الدائرة كلها متساوية، وزاوية ا ب جـ قائمة، وكل زاوية تحدث من خط ا ب المستقيم ومن خط مستقيم يخرج إلى محيط الدائرة / فهي قائمة؛ فإذًا خط ا جـ ٩٥-و أبدًا غير متبدل ‹لا› إلى عظم ولا إلى صغر. فزوايا مثلث ا ب جـ على حال واحد غير متبدلة، حيث كانت جـ من محيط الدائرة. فإذًا زاوية ا جـ ب غير متبدلة ‹لا› إلى عظم ولا إلى صغر. وخط ا ب يرى بزاوية

ا جـ ب، فإذاً خط ا ب يرى من جميع محيط الدائرة بزاوية واحدة هي زاوية ب جـ ا؛ فهو يرى أبداً إذاً بقدر واحد، لأن زاوية ب جـ ا حيث كانت من محيط الدائرة، بقدر واحد غير متبدلة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

- مو - قد توجد مواضع في السطح الواحد يحسّ المبصر في ذلك السطح من أحدها أعظم مما يحسّ من غيرها منها أو يكون الذي يحسّ منها أصغر، وتوجد ⟨مواضع يحسّ منها⟩ متساوياً ليس في بعضها أعظم وفي بعضها أصغر.



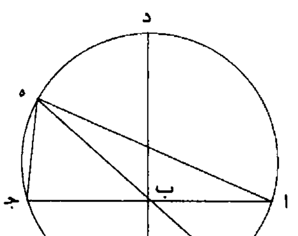
مثال ذلك: أن يكون المبصر خط ا ب. ونقسم خط ا ب بنصفين على علامة جـ، ونخطّ على علامة جـ وببعد جـ ا أو جـ ب نصف دائرة ا د ب، ونقيم على علامة جـ عموداً نفرضه منتهيًا إلى محيط نصف الدائرة وهو عمود جـ د، ونقيم على علامتي ا وب خطي ا ه و ب متساويين وموازيين لخط واحد، ونفرضهما في سطح ⟨نصف⟩ دائرة ا د ب. ونجيز على علامة د خطًا مستقيمًا موازيًا خط ا جـ ب، وهو خط ه د و. فمربع ا ب ه و متوازي الأضلاع في سطح ⟨نصف⟩ دائرة ا د ب. ونخرج من ب إلى ه ومن ا إلى و خطين مستقيمين، ونتعلم حيث قاطع خط ا و قوس ب د علامة ح، ونخرج خط ب ح مستقيماً، ونخرج خطي ا د ب د مستقيمين. فزاوية ا د ب - لأنها في نصف دائرة - قائمة، وزاوية ا ح ب قائمة لأنها في نصف الدائرة، وزاوية ا ح ب من مثلث ا ح ب أعظم من زاوية ا و ب من مثلث ا و ب، لأن زاوية ا ح ب خارجة عن مثلث ح و ب. وزاوية ا ح ب مساوية لزاوية ا د ب، فزاوية ا د ب أعظم من زاوية ا و ب.

2 لأن: اد - 6 أو: و - 7 وتوجد: يوجده - 10 أو: و - 12 وموازيين: ومتوازيين - 13 ونفرضهما: ونفرضها - 20 وزاوية: فاذا زاوية.

وزاوية ا و ب مساوية لزاوية ا ه ب؛ فإذاً زاوية ا د ب أعظم أيضًا من زاوية ا ه ب. وزاويتا ا ه ب ب و ا متساويتان، وخط ا ب يبصر من علامة و بزاوية ا و ب ومن علامة ه بزاوية ا ه ب المتساويتين، فإذاً خط ا ب يرى من علامتي ه و بحال واحدة غير متبدل 〈لا〉 إلى صغر ولا إلى كبر. فأما من علامة د، فإنه يبصر خط ا ب بزاوية ا د ب التي هي أعظم / من ٩٥-ظ كل واحدة من زاويتي ا ه ب ا و ب، فإذاً خط ا ب يبصر من د أعظم مما يبصر من ه ومن و؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– مز – قد يوجد موضع مشترك ينظر منه الناظر إلى أقدار متساوية متصلة على خط مستقيم، فيراها مختلفة، ويوجد أيضًا خط ينظر من كل علامة منه إلى تلك الأقدار المتساوية فترى متساوية.

مثال ذلك: أن نفرض القدرين المتساويين موضعي خطي ا ب ب جـ متصلين على استقامة، ونخرج خط ب د عموداً على علامة ب من خط ا جـ، ونفرض ه في أي موضع شئنا، فنفرضها فيما بين علامتي د جـ، ونخرج خطي ه جـ ه ا مستقيمين، ونخطّ على مثلث ا ه جـ دائرة، ونفرض د من محيط الدائرة أيضًا، ونخرج د ب من ب على استقامة إلى علامة و من محيط الدائرة، ونخرج خط ه ب مستقيمًا ونخرجه من ب على استقامة إلى علامة ز من محيط الدائرة.



14 ه جـ ه ا: ه جـ ب جـ ه ا.

فأقول: إن ه ينظر منها إلى عظمي ب جـ ب ا، فيريان مختلفي الأقدار.

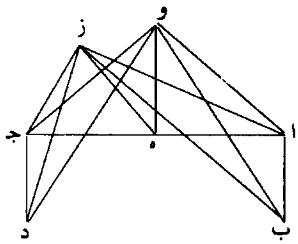
برهان ذلك: أن زاوية د ب جـ قائمة، فزاوية ه ب جـ أصغر من قائمة، وتبقى زاوية ه ب ا أعظم من قائمة، فخط ه جـ أصغر من خط ه ا؛ وخطوط ب جـ ب ه ب ا متساوية، فإذاً زاوية ه جـ ب التي توترها قوس ه د ا أعظم من زاوية ه ا ب ‹التي توترها قوس ه جـ الصغرى وزاوية ا ه ب مساوية لزاوية ه ا ب›، فزاوية ا ه ب أصغر من زاوية جـ ه ب، فخط جـ ب يرى أعظم من خط ب ا لأنه يرى بزاوية ب ه جـ العظمى وا ب يرى بزاوية ا ه ب الصغرى. وكذلك كل علامة وقعت على محيط دائرة ا د جـ و يرى منها ا ب ب جـ مختلفين إلا من علامتي د وو. فإن زاوية جـ ب د مساوية زاوية ا ب د، فخطا ا د د جـ المستقيمان متساويان لأن خطوط ب جـ ب د ب ا متساوية، فمثلثا جـ ب د ا ب د متساويان ومتشابهان، كل ضلع مثل نظيره وكل زاوية مثل نظيرتها، فزاويتا ا د ب جـ د ب متساويتان، وب جـ يرى من د بزاوية ب د جـ، وب ا يرى من د بزاوية ب د ا، فـ ب جـ ب ا يريان / من د بزاويتين متساويتين، فهما ٩٦-و يريان من د متساويين. وبهذا التدبير تبيّن أن جـ ب وب ا يريان من و متساويين؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ‹مح› – وهنالك تبيّن أنه قد يوجد أيضًا موضع مشترك من السطح الموازي للأفق إذا كان فيه الناظر رأى الأعمدة المتساوية القائمة على ذلك السطح الموازي للأفق متساوية.

مثال ذلك: أن نفرض العمودين القائمين على السطح الموازي للأفق موضع خطي ا ب وجـ د المستقيمين، ونفرض ا وجـ في ذلك السطح، ونخرج خطًا مستقيمًا من ا إلى جـ، فزاويتا ب ا جـ د جـ ا متساويتان قائمتان، ونفصل خط ا جـ بنصفين على علامة ه، ونخرج منها خطًا مستقيمًا عمودًا وهو خط ه و، فزاويتا و ه ا و ه جـ متساويتان.

2 ه ب جـ: ب جـ ا – 3 ه ب ا: ه ب – 4 ه د ا: ه د – 9 إلا من: الا ان – 23 ونفصل: ونصل.

فأقول: إن كل موضع من خط ه و نظر منه الناظر، رأى عمودي ا ب جـ د متساويين.



برهان ذلك: أن خط ه و مشترك، فخطا و ه ه ا مساويان لخطي و ه ه جـ، وزاويتا و ه ا و ه جـ متساويتان، فخطا و ا و جـ متساويان. وزاويتا و ا ب و جـ د متساويتان، لأنهما قائمتان، لأن عمودي ا ب جـ د قائمان على سطح ا و جـ؛ فإذاً خطا و ا ا ب مساويان لخطي و جـ جـ د، وزاويتا و ا ب و جـ د متساويتان، فخطا د و ب و متساويان، فمثلثا و ا ب و جـ د متساويان متشابهان، فزاويتا ا و ب جـ و د متساويتان، لأن كل زاوية من أحد المثلثين مثل نظيرتها من الآخر. فخطا ا ب جـ د يريان بزاويتين متساويتين، فهما يريان من و متساويين. وكذلك من أيّ علامة فرض الناظر من خط ه و، يريان متساويين لأن التدبير واحد.

فأما المواضع جميعاً التي ينظر منها إليهما الخارجة عن خط ه و وسمته في الجهات، فإنهما يريان مختلفين.

مثال ذلك: أن نفرض إحدى تلك العلامات علامة ز، ونفرضها ليست على خط ه و، ولا على سمته، ونخرج من ز خطاً إلى ه مستقيماً، ونخرج خطي ز جـ ز ا مستقيمين وخطي ز ب ز د مستقيمين. /

فأقول: إن عمودي ا ب جـ د يريان من ز مختلفين. ٩٦-ظ

برهان ذلك: أن زاوية ز ه جـ أصغر من زاوية و ه جـ، فتبقى زاوية ز ه ا أعظم من زاوية ز ه جـ، وز ه مشترك، وخطا ز ه ه جـ مساويان لخطي ز ه

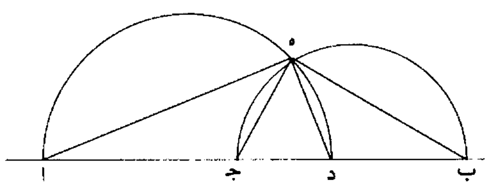
4 وزاويتا: فزاويتا – 6 ا و جـ: ا و د – 7 د و ب و: ا و ر حـ – 13 فإنهما: فانها – 14 إحدى: احد – 19 وخطا: فخطا.

ه ا؛ وزاوية ز ه جـ أصغر من زاوية ز ه ا، فخط ز جـ أصغر من خط ز ا. وا ب عمود على خط ز ا، ‹فنسبة خط ز ب› إلى خط ا ب أعظم من نسبة خط ز د إلى خط جـ د، فزاوية ز ب ا أعظم ‹من زاوية ز د جـ، و›نسبة ‹زاوية ز ب ا› إلى زاوية ب ز ا ‹أعظم› من نسبة زاوية جـ د ز إلى زاوية جـ ز د، فنسبة زاوية ا ز ب إلى القائمة أصغر من نسبة زاوية جـ ز د إلى القائمة، فإذاً زاوية ا ز ب أصغر من زاوية جـ ز د. فإذاً خط ا ب يرى من ز أصغر ‹من خط جـ د›. والتدبير في كل ما خرج عن خط ه ز أو سمته من المواضع كالتدبير في علامة ز؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ‹مط› – نريد أن نجد موضعًا نرى منه عظمين مختلفي الأقدار في سطح واحد وعلى خط واحد مع الناظر في سطح واحد متساويي الأقدار.

فنفرض العظمين من خط ا ب عظمي ا جـ د ب، ونرسم على خط ا د نصف دائرة وعلى خط ب جـ نصف دائرة في جهة واحدة، وهما قوسا ا ه د جـ ه ب. فـ ه علامة مشتركة لقوسي ا ه د جـ ه ب.

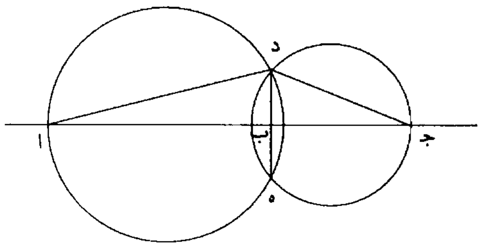
فأقول: إن علامة ه إذا نظر منها إلى عظمي ا جـ ب د المختلفين أبصرا متساويي الأقدار.



برهان ذلك: أن قوس ا ه د تقبل زاوية مساوية للزاوية التي تقبلها قوس جـ ه ب. ونخرج خطي ه جـ ه د مستقيمين، فزاوية ا ه د التي في قوس ا ه د مساوية لزاوية جـ ه ب التي في قوس جـ ه ب. ونرفع زاوية

جـ ه د / المشتركة، فتبقى زاوية ا ه جـ مساوية لزاوية ب ه د ؛ فعظما ا جـ ٩٧-و
د ب يريان بزاويتين متساويتين، فهما إذاً يريان متساويين؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ن – فأما أوقليدس فإنه فرض العظمين عظمي ا ب ب جـ من خط واحد، وفرض الخط الخارج من تقاطع الدائرتين إلى ب المشتركة للعظمين مستقيمًا، وذكر أن زاوية ب د ا مساوية لزاوية ب د جـ؛ وهذا غير واجب لأن كل دائرتين تتقاطعان فإن الخط الذي يجوز على فصلهما المشترك يقطع قطر كل واحدة منهما على زوايا قائمة، أعني قطريهما اللذين من خط واحد.



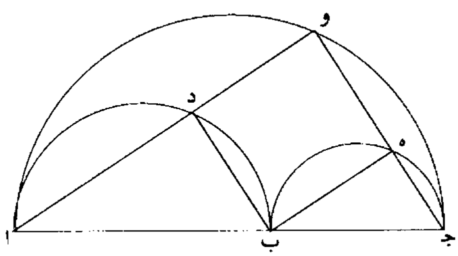
مثال ذلك: أن نفرض الخط الذي عليه أقطارهما، كما فرض أوقليدس، خط ا ب جـ المستقيم، ونفرض فصلهما المشترك، ونفرض الدائرتين، أما العظمي منهما فدائرة د ا ه، وأما الصغرى فدائرة د جـ ه، ود وه على فصل الدائرتين المشترك. فخط د ه المستقيم يفصل خط ا جـ على زوايا قائمة على علامة ب، فزاويتا د ب ا د ب جـ متساويتان، وب جـ أقصر من ب ا وب د مشترك، ود جـ أقصر من د ا؛ فنسبة ب د إلى ب جـ أعظم من نسبة ب د إلى ب ا، فزاوية ب جـ د أعظم من زاوية ب ا د؛ ولذلك تبقى زاوية جـ د ب أصغر من زاوية ا د ب. وقد ذكر أنهما متساويتان على ما وجدنا فيما نقل من قوله. ولم نجد لأن يكون خطا ا ب ب جـ متصلين على ب يظهر به أن زاويتي ب د جـ ب د ا متساويتان على ما يبلغ القول الذي حكي عنه.

1 مع بداية الصفحة نقل المخطوطة ناسخ آخر.

– نا – نريد أن نجد موضعين، يُرى من كل واحد منهما عظمٌ من عظمين مختلفين في خط واحد في أقدارهما متساويين، وموضعاً ثالثاً يُرى منه جميع العظمين مساوياً جميعهما لكل واحد منهما.

فنفرض العظمين/ موضع خطي ا ب ب جـ ونفرض ا ب ب جـ ‹خطاً› مستقيماً. وندير على خط ا ب نصف دائرة ا د ب وعلى خط ب جـ نصف دائرة ب جـ. ٩٧-ظ

فالقول: إن كل موضع من قوس ا د ب وضع عليه البصر ونظر منه إلى خط ب ا رئي خط ب ا بقدر واحد لا يختلف.



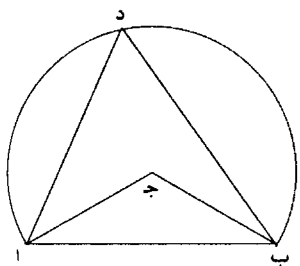
وكذلك أي موضع وضع البصر من قوس ب ه جـ، رئي منه خط ب جـ بقدر واحد لا يختلف.

‹برهان ذلك›: ولأن قوس ا د ب تقبل زاوية قائمة، وقوس ب ه جـ تقبل زاوية قائمة، فإن ا ب يرى من قوس ا د ب، من أي علامة منها وقع النظر إلى خط ا ب، مساوياً لخط ب جـ من أي موضع نظر إلى ب جـ من قوس ب ه جـ، لأن التي يرى بها خط ا ب وخط ب جـ زوايا متساوية قائمة، فأقدارها ترى متساوية. ونخط على خط ا جـ في جهة د ه نصف دائرة ا و جـ، فهي تقبل أيضاً زاوية قائمة، فمن حيث نظر منها إلى خط ا جـ، الذي هو العظمان جميعاً، رئي ا جـ بزاوية قائمة. فرئي ا جـ مساوياً ا ب إذا نظر إليه من قوس ا د ب ومساوياً أيضاً لـ ب جـ إذا نظر إليه من قوس ب ه جـ.

1 نريد: نرايد – 2 في خط واحد: أثبتها في الهامش وكرر بعدها كلمة «مختلفين» – 5 خط (الأولى): أثبتها فوق السطر – 8 ب ا (الأولى): ب د – 9 وضع: أثبتها في الهامش.

مثال ذلك: أن نخرج خط ا و على استقامة، ونفرض د حيث قاطع قوس ب د ا، ونخرج خط جـ و مستقيماً، ونفرض ه حيث قاطع قوس ب ه جـ، ونخرج خط ه ب وخط ب د مستقيمين، فزوايا ب ه جـ ب د ا جـ و ا متساوية، لأن كل واحدة منها قائمة، لأن كل واحدة منها في نصف دائرة. فخط ا جـ يرى من علامة و - وهو عظما ا ب ب جـ - مساوياً لخط ا ب ؛ وكذلك يرى أيضًا مساويًا لخط ب جـ، إذا نظر إلى ا ب من د وإلى ب جـ من ه، لأن زوايا ا د ب ب ه جـ ا و جـ متساوية؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

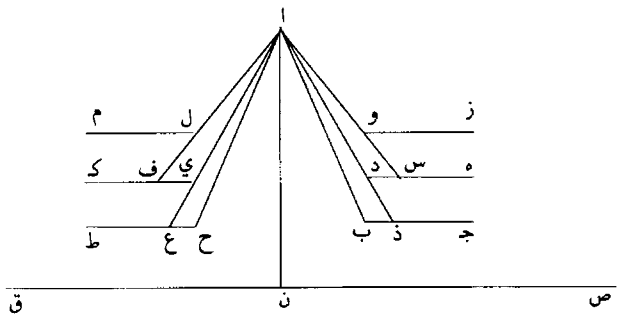
- نب - كيف نجد موضعًا يُرى منه عظم معه في سطح بأي نسبة أردنا من موضع آخر.



مثال ذلك: أن نفرض العظم عند خط ا ب، ونخرج خطين على زاويتين متساويتين في جهة واحدة / من علامتي ا وب، ونتعلم حيث تقاطع ٩٨-و الخطان علامة جـ. ونريد أن نجد موضعًا يرى منه عظم ا ب نصف ما يرى <من> علامة جـ. فنخط على جـ وببعد جـ ا دائرة ا ب د، فزاوية ا جـ ب ضعف زاوية ا د ب، لأن زاوية ا جـ ب على المركز، وزاوية ا د ب على المحيط وقاعدتهما ا ب. وكذلك كلما أردنا نسبة ما صيّرنا نسبة <زاوية> ا د ب إلى زاوية ا جـ ب بتلك النسبة، فيرى من زاوية د خط ا ب على النسبة التي فرضنا مما نراه إذا نظرنا إليه من زاوية جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

1 قاطع: تتقاطع - 12 متساويتين: متساويين - 13 جـ: د.

- جـ - الأعظام المتحركة التي نهايات أوائلها على خط مستقيم موازٍ للعمود الخارج من البصر إلى الخط الموازي لأحدها ؛ إذا كانت مقبلة نحو العمود الخارج من البصر ، فإن الأبعد منها من البصر يرى سابقًا للذي يليه ، والذي يليه سابقًا لأقربها من البصر ؛ وإذا كانت منصرفة عن العمود ، فإن أبعدها من البصر يرى متخلفًا عن الذي يليه ، والذي يليه متخلفًا عن أقربها من البصر ؛ وذلك إذا كان البصر ثابتًا غير متحرك عن موضعه.



مثال ذلك : أن يفرض البصر عند علامة آ والأعظام التي معه في سطح واحد ، ونهاياتها في خطوط متوازية وموازية للعمود الخارج من البصر إلى خط موازٍ لها . أما ‹العمود فـ ا ن ، وأما الأعظام› المقبلة إلى العمود ، فأعظام ب جـ د ه و ز . ويفرض نهاياتها المقبلة إلى العمود ، التي في خط موازٍ للعمود ، علامات ب د و وعلامات نهاياتها الأخرى ، التي على خط آخر موازٍ للعمود ، علامات جـ ه ز . فأما الأعظام المدبرة على العمود المتخلفة ، فأعظام ح ط ي كـ ل م ونهاياتها التي في الخط الموازي للعمود وهي نهايات مؤخراتها ح ي ل . وأما نهاياتها المتقدمة التي في الخط الموازي للعمود فعلامات / ط كـ م . ونخرج خط ا د ذ ، وذ من خط ٩٨-ظ ب جـ ، وخط ا و س ، وس من خط د ه ، وخط ا ي ع ، وع من خط ح ط ،

5 متخلفًا : مختلفا – 6 متخلفًا : مختلفا – 10 المقبلة إلى : أثبتها في الهامش – 14 المتخلفة : المختلفة – 15 مؤخراتها : مواخيرها – 16 خط (الأولى) : خطوط.

وخط ا ل ف، وف من خط ي ك. ونفرض الخط الموازي لهذه الأعظام خط ق ص والعمود الخارج من آ إلى خط ص ق عمود ا ن.

فالقول: إن خطوط ب جـ د ه و ز إذا كانت متحركة حركة متساوية إلى جهة عمود ا ن، رئي خط ب جـ أسرع إلى عمود ا ن من عظم د ه، ود ه يرى أسرع إلى عمود ا ن من عظم و ز وح ط يرى ‹متخلفًا› أيضًا من ي ك، وي ك أيضًا ‹متخلفًا› من ل م.

برهان ذلك: أن علامة د ترى مع علامة ذ على خط ا د ذ، فترى ب قد تقدمت إلى عمود ا ن بقدر خط ب ذ، أيضًا و ترى مع س – وس من خط د ه – على خط ا و س، فـ د ترى متقدمة و بقدر د س. وأيضًا فإن ي ترى مع ع بخط ا ي ع، وح متخلفة عن ع بقدر ح ع، فـ ح ترى متخلفة عن ي بقدر ح ع، ول ترى مع ف ‹على خط ك ي على خط ا ل ف› وي متخلفة عن ف بقدر ي ف، فعظم ي ك يرى متخلفًا عن عظم ل م بقدر ي ف؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

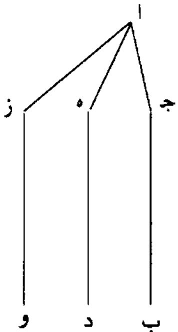
– ‹ند› – إذا كانت أقدار مع البصر في سطح واحد متحركة حركة مختلفة، وكان البصر متحركًا في ذلك السطح على خط موازٍ لخط حركتها، أعني الخط الذي تحركت عليه، وكان مساوي الحركة لأحدها، فإن المساوي ‹منها›، لحركة البصر يرى ثابتًا، والذي هو أسرع من حركة البصر متخلفًا عن البصر يرى متقدمًا إلى سمت البصر، وإن كان متقدمًا عن البصر يرى متباعداً عن سمت البصر، والذي هو أبطأ من حركة البصر، إن كان متخلفًا عن سمت البصر، ‹فإنه يرى يزداد تخلفًا عن سمت البصر›، وإن كان متقدمًا سمت البصر يرى متقربًا مقبلاً إلى سمت البصر. /

مثال ذلك: أن نفرض الناظر عند علامة آ، ونفرض الأعظام المتحركة ٩٩-و
الحركة المختلفة على سمت واحد التي مع البصر في سطح ‹واحد›، أعظام

2 آ إلى: أثبتها في الهامش – 7 ذ: ن – 9 د ه: جـ ه – 10 متخلفة (الأولى والثانية): مختلفة – 12 متخلفة: مختلفة / متخلفًا: مختلفا – 13 أن نبين: أثبتها في الهامش – 15 لخط: الخط – 16 تحركت: تحرك – 18 متخلفًا: مختلفا / متقدماً: مستقدما – 20 متخلفًا: مختلفا – 23 عند: أثبتها في الهامش – 24 البصر: لبصر / أعظام: الأعظام.

ب جـ د ه و ز، ونفرض د ه مساوي الحركة لحركة آ وحركتها جميعًا من جهة و إلى جهة ب.

فالقول: إن عظم د ه يرى ثابتًا؛ فأما عظم و ز فإن كان أسرع حركة من عظم د ه؛ فإنه يرى يقرب من د ه، وإن كان أبطأ حركة من د ه، فإنه يرى يتباعد عن د ه. وأما عظم ب جـ فإنه إن كان أسرع حركة من عظم د ه، فإنه يرى يبعد من عظم د ه، وإن كان أبطأ حركة من عظم د ه، فإنه يرى مقبلاً إلى عظم د ه.



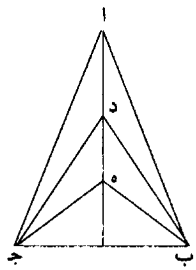
برهان ذلك: أن عظم د ه مع الناظر في خط واحد، هو خط ا ه د، وبقدر واحد، وهو بعد آ ه، فليس يرى له إقبال عن آ ولا إدبار عنها، فهو يرى واقفًا من ‹آ› المتحركة، لأنه ليس يختلف حاله من آ إن كان خط ا ه د مستقيمًا أو كانت ه زاوية. فأما عظم و ز فإنه إن كان أسرع حركة من عظم د ه، فإنه يدنو منه حتى يلحقه، فهو يرى متقربًا من عظم د ه الذي يرى من آ واقفًا، وإن كان أبطأ حركة من عظم د ه، فإن د ه يتباعد منه ود ه يرى من آ واقفًا، فإذاً و ز ‹يُرى› متباعداً عن د ه الواقف. فأما ب جـ فإنه إن كان أسرع من د ه الذي يرى من آ واقفًا، فإنه يرى يتباعد من د ه، وإن كان ب جـ أبطأ حركة من عظم د ه، فإن د ه يزداد في التقرب منه حتى يلحقه، ود ه يرى من آ واقفًا، فإذاً عظم ب جـ يرى مقبلاً متقربًا من عظم د ه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

9 له: لها – 10 واقفًا: واقفا – 12 يدنو: يدنوا – 14 متباعداً: متباعد.

– نه – إذا كان البصر يدنو من عظم رآه كأنه يربو ويمتد.

مثال ذلك: أن يفرض البصر عند علامة آ والعظم عند خط ب ج.

فأقول: إن البصر كلما / دنا من عظم ب ج رآه كأنه يربو ويمتد. ٩٩-ظ



برهان ذلك: أن عظم ب ج يرى من علامة آ بزاوية ب ا ج. فإن دنا إلى علامة د، يرى بزاوية ب د ج؛ وزاوية ب د ج – التي في داخل المثلث – أعظم من زاوية ب ا ج التي هي زاوية المثلث. فيرى من د أعظم مما رئي من آ. وإذا دنا أيضًا من ب ج على استقامة إلى ه، ازداد عظمًا لأن التدبير واحد؛ فهو يرى من زاوية ب ه ج أعظم مما يرى من زاوية ب د ج. فإذًا يُرى من زاوية ب ه ج أعظم كثيراً مما يرى من زاوية ب ا ج، فهو يزداد عظمًا كلما قرب البصر منه، فهو كلما قرب البصر منه يعظم ويربو؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

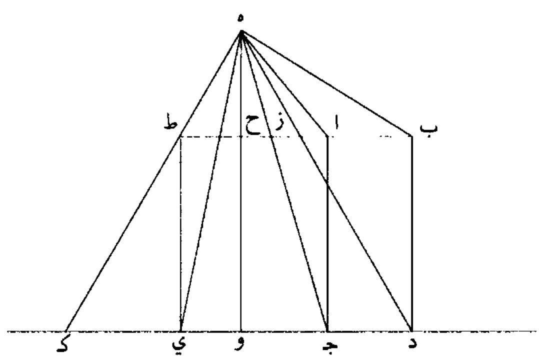
– نو – الأعظام المتساوية الأبعاد المتحركة بحركة متساوية في السرعة على خطوط مستقيمة متوازية قاطعة للعمود الخارج من البصر على زوايا قائمة، يرى أقربها من البصر تارة أسرع من الذي هو أبعد من البصر، وتارة مساويًا له في السرعة وتارة أبطأ منه في السرعة. أما إذا كانت مقبلة من خط مستقيم موازٍ لعمود البصر إلى عمود البصر، فإن الأبعد من البصر منها يرى أسرع حركة منه. فأما إذا انتهت أوائلها إلى عمود البصر، فإنها ترى متساوية الحركة، فإذا جازت عمود البصر ذاهبة منه

1 يدنو: يدنوا / رآه: يرى / يربو: يربوا / ويمتد: أثبتها في الهامش – 3 يربو: يربوا – 7 على: إلى / ازداد: أثبتها في الهامش – 11 ويربو: ويربوا.

إلى خلاف الجهة التي أقبلت منها، فإن الأبعد منها من البصر يرى أبطأ من الأقرب منها من البصر.

مثال ذلك: أن نفرض عظمين متساويين متحركين حركة متساوية في السرعة، وهما عظما آ ب جـ د، والبصر عند علامة ه، والخطين المستقيمين المقاطعين للعمود الخارج من البصر على زوايا قائمة خطي ب ا ط د جـ ي، ونفرضهما غير محدودي النهايات، ونفرض أبعدهما من البصر خط د ي / ‹عموداً على› عمود ه و، وو من خط د ي. ونفرض الخط الموازي ١٠٠-و للعمود الخارج من البصر الذي ابتدأت حركتهما منه خط ب د.

فالقول: إن إذا ‹آ› ابتدأت من ب متحركة إلى عمود ه و وجـ إذا ابتدأت متحركة من د إلى عمود ه و بحركتين متساويتين، أبصرت جـ من ه أسرع حركة إلى خط ه و من علامة آ إلى خط ه و. فإذا انتهت جـ إلى عمود ه و وانتهت ‹آ› إلى عمود ه و، أبصرت جـ مساوية الحركة لحركة ‹آ›. فإذا جازتا علامتا آ وجـ عمود ه و أبصرت جـ أبطأ حركة من علامة آ.



برهان ذلك: أن نفرض الخط الذي انتهت إليه آ وجـ بعد أن تحركتا من خط ب د خط ا جـ المستقيم الموازي لخط ب د ولعمود ه و، لأن حركتها

1 الجهة: الجملة / أقبلت: قبلت – 4 جـ د: ا جـ د – 7 ووَ: فـ و.

متساوية. فإذاً بُعد ب ا مساوٍ بعد د جـ. وا ب وجـ د فرضا متوازيين، والواصلة بين أطراف المتوازية متوازية. وخط ا جـ موازٍ خط ب د، وب د فرض موازيًا عمود ه و، فـ ه و موازٍ خط ا جـ أيضًا. ونخرج خطوط ه ب ه ا، فـ ه ا ه ب وقعا على خطي ب د ا جـ المتوازيين، فخطا ه ا ا جـ اتصلا على غير استقامة، فإذاً هما يحيطان بزاوية ه ا جـ. ويخرج خط ه جـ، فـ ه ا جـ مثلث. ونتعلم حيث قاطع خط ه جـ خط ا ط علامة ز، وحيث قاطع خط ا ط عمود ه و علامة ح، فخط ه جـ وقع على خطي ا جـ ه و المتوازيين، فقطع خط ا ح الواقع على خطي ه و ا جـ على ز، فـ ز من خط ا ح. فعلامة ز ترى مع علامة جـ على خط ه ز جـ. وز أقرب إلى ح من ا إلى ح بقدر ا ز، فـ ز أسبق إلى ح من ا بقدر ا ز، وجـ ترى مع ز على خط مستقيم، فـ جـ ترى أسبق إلى خط ه و من ا إلى خط ه و بقدر ا ز. وإذا انتهت ‹ا› إلى ح، انتهت جـ إلى و، لأن حركتهما فرضت متساوية. وح من عمود ه و. فإذاً ح وو يريان على خط ه ح، فهما تريان متساويتي الحركة. ونخرج من ط عموداً إلى خط د ي، ونفرضه عمود ط ي موازياً ه و، وقد وقع ه ط عليهما، وزاوية ه ح ط قائمة / فزاوية ط ه ح أقلّ من ١٠٠-ظ
قائمة. ويخرج خط ه ط من ط على استقامة إلى ك، فهو ينتهي إلى علامة من خط د ي المفروض غير محدود النهايات، لأن زاوية ك ط ي أقلّ من قائمة، لأنها مساوية زاوية ط ه و، وزاوية ط ي ك الواقعة على خط د ي قائمة. وإذا أخرج خطان من علامتين من خط مستقيم يحيطان مع الخط المستقيم بأقل من قائمتين فإنهما يلتقيان. فإذاً خط د ي يلقى خط ه ط ك، فنفرضهما يلتقيان على ك. وخط ه ط وقع على خطي ط ي ه و المتوازيين، فاتصال ه ط ط ي على غير استقامة على علامة ط، فخطا ه ط ط ي يحيطان بزاوية. ونخرج خط ه ي، فـ ه ي من مثلث ه ط ي يقاطع خط ح ط، ‹فـ ه ي ط مثلث وه ط يقاطع خط ح ط› وك ترى من علامة ه مع علامة ط على ه ط ك، وعلامة ي ترى من ه بشعاع ه ي، وك أبعد من

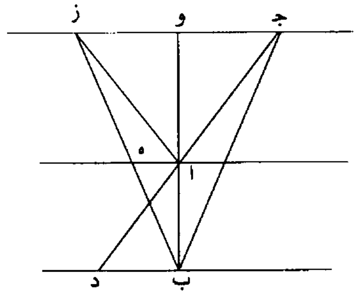
1 ب ا: ت / فرضا: فرضنا – 2 أطراف: أثبت في الهامش / وخط: فخط – 13 متساويتي: متساويتا – 25 ه ط ك: ه ط ي.

خط ه و ومن ي بقدر بعد كـ ي. وط ترى مع كـ على خط مستقيم، فهي ترى أبعد ‹من ي› من خط ه و بقدر بعد كـ ي، فـ ط ترى قد تقدمت ‹ي› بقدر كـ ي، وط ترى أسرع حركة من ي لأنها ترى متقدمة لها. فإذاً الأعظام المختلفة البعد من البصر، على الشرائط التي حددنا، يرى الأقرب من البصر منها أسرع حركة من الأبعد من البصر مرة ومرة مساوياً له في الحركة ومرة أبطأ منه في الحركة؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– نز – العلامات التي على خط مستقيم، إذا كان البصر متحركًا على سمت الخط الذي هي عليه، فإنها ترى مختلفة الترتيب، أعني أن الأقرب منها إلى البصر، تارة يرى متقدماً للأبعد منها / من البصر، وتارة يريان ١٠١-و على خط مستقيم لا تتقدم واحدة منهما الآخر، وتارة يرى الأقرب منهما من البصر متأخراً عن الذي هو أبعدهما من البصر.

مثال ذلك: أن نفرض علامتي ا ب على خط ا ب المستقيم ونفرض البصر ليس معهما على خط مستقيم، ونفرضه عند علامة جـ أولاً يتحرك منها على خط جـ و ز المستقيم إلى جهة ا ب، ونفرض و مع ا ب في خط مستقيم.

فالقول: إن التي هي أقرب من جـ تبصر من جـ متقدمة ب ومن و معها على خط مستقيم ومن ز متأخرة عن ب.



برهان ذلك: أن نجيز على علامة ا وعلامة ب خطين مستقيمين متوازيين غير محدودي النهايات موازيين خط جـ و ز، وهمـا خطا ب د وا ه. والشعاع الخارج من البصر، يخرج إلى ب على خط جـ ب وإلى ا على خط جـ ا. فإذا أخرجنا جـ ا من علامة ا على استقامة انتهى إلى علامة من خط ب د، لأن خط جـ ا ليس بموازٍ لخط ا ه، لأنهما يلتقيان على ا وا ه موازٍ لخط ب د، فإذاً خط جـ ا ليس بموازٍ خط ب د. فهو إذا أخرج نحوه التقيا، فخط جـ ا إذا أخرج على استقامة إلى خط ب د التقيا، فلنفرضهما يلتقيان على د، ود ترى مع ا على خط واحد وهو جـ د <و>ترى من جـ متقدمة ب بخط د ب، فـ ا ترى من جـ متقدمة علامة ب بخط د ب. فإذا انتهت جـ إلى و، أبصرت ا وب من و على خط و ا ب المستقيم، فلم تر واحدة منهما تقدم الأخرى. فإذا انتهى البصر إلى ز، خرج شعاع البصر من ز إلى ا على خط ز ا المستقيم، وز ا يتصل بـ ا ب على غير استقامة، لأن المتصل بـ ا ب على استقامة، هو خط و ا. فإذاً ز ا وا ب يحيطان بزاوية ز ا ب. فنخرج ب ز المستقيم، فهو يقاطع خط ا ه، فنفرضه / يقاطعه على علامة ه، فـ ه ترى مع ب من علامة ز على خط ز ه ب المستقيم، وه ترى من ز متقدمة ا بخط ا ه، فـ ب إذاً ترى متقدمة ا بخط ا ه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن. ١٠١-ظ

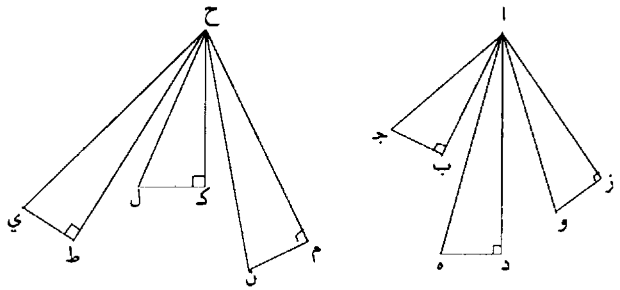
– نح – الأعظام المنصوبة المقابلة للبصر، على غير خط مستقيم، <و>مع البصر في سطح واحد، بل الأوسط منها إما أن <يكون> أبعد من البصر من النهايتين وإما أقرب إلى البصر من النهايتين، يُرى الأوسط منها مخالفًا في السمك للباقية، إما يرى أهبط منهما وإما أن يرى أعلى منهما، أما إذا كان أبعد من البصر من النهايتين، فإنه يرى أهبط، وأما إذا كان أقرب من البصر من النهايتين فإنه يرى أعلى.

7 جـ ا إذا أخرج: جا ا ا حرح – 14 ب ز: ب ز ا.

مثال ذلك: أن نفرضه أوّلاً أبعد من البصر من النهايتين، فنفرض البصر علامة ا والأعمدة المتساوية السمك أعمدة ب جـ الأول، ود ه الأوسط وو ز الآخر.

فأقول: إن عمود د ه يرى أهبط من عمودي ب جـ و ز، ثم نفرض البصر علامة ح والعمود الأول ط ي والأوسط كـ ل والأخير م ن.

فالقول: إن عمود كـ ل يرى أعلى من عمودي ط ي م ن.



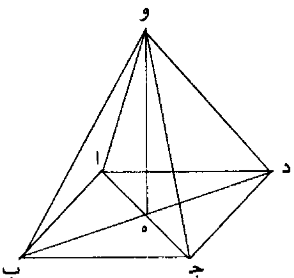
برهان ذلك: أن يخرج خطوط ا ب ا جـ ا د ا ه ا و ا ز ح ي ح ط ح كـ ح ل ح م ح ن. فأعمدة ب جـ د ه ف ز متساوية وجـ ب قائم على ب من خط ب ا على زاوية قائمة، فخط ا جـ قطر. وه د قائم على د من خط د ا على زاوية قائمة، فخط ه ا قطر. وز و قائم على ز من خط ز ا على زوايا قائمة وا و قطر. وب د ا ز في سطح واحد وا د أطول من كل واحد من خطي ا ب ا ز، فإذاً قطر ا ه أطول من كل واحد من قطري ا جـ ا و، فنسبة د ه إلى د ا أصغر من نسبة ب جـ - الذي هو مثل د ه - إلى ب ا، ونسبة القوس التي تقع على خط ه د من نصف الدائرة التي تقبل زاوية ه د ا القائمة إلى القوس التي تقع على د ا كنسبة زاوية د ا ه إلى زاوية د ه ا. وأيضًا نسبة زاوية ب ا جـ إلى زاوية ب جـ ا كنسبة / القوس ١٠٢-و الواقعة على ب جـ من نصف الدائرة الواقعة على مثلث جـ ب ا إلى القوس الواقعة على ب ا، ونسبة القوس الواقعة على ب جـ إلى القوس الواقعة على ب ا أعظم من نسبة <القوس> الواقعة على د ه إلى القوس الواقعة على

9 ا جـ: ا ب - 10 ز ا: و ا - 11 ز: ز ا / وا د: واذ - 16 وأيضًا: فاذا.

د ا. فإذاً نسبة زاوية د ا ه إلى القائمة أصغر من نسبة زاوية ب ا ج إلى القائمة. فإذاً زاوية ب ا ج أعظم من زاوية د ا ه، فإذاً ب ج يرى أعظم من د ه وهي في سطح واحد، فعلامة ه ترى من ا أهبط من علامة ج. وكذلك علامة ز بهذا التدبير ترى أعلى من علامة ه. وبهذا التدبير يتضح أن زاوية ك ح ل أعظم من كل واحدة من زاويتي ط ح ي وم ح ن، فعلامة ك ترى من ح أعلى من علامتي ي ن؛ وذلك ما أردنا أن نبين.

– نط – كل مربعة معتدلة أقيم عمود على العلامة التي يتقاطع عليها قطراها، فإن البصر إذا نظر من العمود إلى أضلاعه المربعة رآها متساوية، وكذلك إذا نظر إلى أقطارها رآها متساوية.

مثال ذلك: أن يفرض المربع المعتدل مربع ا ب ج د وقطراه وهما ا ج وب د يتقاطعان على علامة ه، والعمود القائم على ه من سطح ا ب ج د عمود ه و.



فالقول: إن البصر إذا وضع <على> و، رأى أضلاع ا ب ب ج ج د د ا متساوية وكذلك يرى قطري ب د ا ج متساوية.

برهان ذلك: أن نخرج خطوط ا و و ب و ج و د المستقيمة. فخطوط ا ه ه ب ه ج ه د متساوية، وه و عمود مشترك لها، فإذاً أقطار ا و ب و

2 زاوية ب ا ج: أثبتها في الهامش – 4 التدبير (الأولى): لتدبير – 5 ك ح ل: كـ ج ل –
15 و ب: د ب.

جـ و د و متساوية. وقواعد ا ب ب جـ جـ د د ا متساوية، فإذاً / مثلثات ا و ب ب و جـ جـ و د د و ا متساوية، ولأن القواعد متساويات الأسوق فهي متشابهة، فزوايا ا و ب ب و جـ جـ و د د و ا متساوية، فخطوط ا ب ب جـ جـ د د ا إذ ترى بزوايا متساوية، فإنها ترى متساوية. وأيضًا فإن مثلثات ا و ه ب و ه جـ و ه د و ه متساوية متشابهة لما قدمنا من تساوي الأقطار الآخذة من زوايا ا ب جـ د إلى و التي هي علامة البصر. و‹ا ه ب ه جـ ه د ه› تساوي أنصاف أقطار المربع واشتراك ه و لجميع المثلثات، ‹فزاويا ا و ه ب و ه جـ و ه د و ه متساوية›، فإذاً أضعاف الزوايا المتساوية أيضًا متساوية، فإذاً زاوية ا و جـ مساوية لزاوية ب و د، فإذاً قطر ا جـ الذي يرى بزاوية ا و جـ مساوي قطر ب د الذي يرى بزاوية ب و د؛ وهو ما أردنا أن نبيّن. ظ-١٠٢

وهذا فيما سألت كافٍ، كفاك الله مهمات الأمور ‹و›وقاك كل محذور.

تمّ كتاب يعقوب بن إسحاق الكندي في تبيين المناظر
التي تكلم عليها أوقليدس والحمد لله.
عدد أشكاله ٥٩ شكلاً.

2 ولأن: وبات – 10 مساوي: مساويا.

ملاحظات إضافية

[صفحة ١٦٣، سطر ١٢ ـ ١٦] إن هذا المقطع الصغير يرد من جديد في كتاب *De Speculis* المنسوب زعماً إلى أقليدس على الشكل التالي:

Procedit a pupilla uirtus luminosa imprimens in eo, cui occurrit, ex toto aere, lumen pineale, cuius uidelicet acuitas apud pupillam existit. Et quanto plus elongatur, dilatatus eius basis ; et est figura, quam lumen illud continet, piramis columnea, cuius uidelicet acumen apud aspicientem, et fines sequunter illud, quod aspicitur. Visus igitur comprehendit illud, super quod cadit illud lumen radiale ; et super quod non cadit, ipsum uisus non comprehendit". [*De speculis*, prop. 14, p. 99]

إن الترجمة العربية لهذا المقطع المأخوذ من De Speculis تُبيِّن أنه مطابق تماماً للمقطع نفسه المشار إليه، باستثناء بعض الاختلافات في النسخ. ولقد قادنا حسن الحظ إلى اكتشافه، فحققناه. وقد أعاد الكندي استخدام العبارات نفسها الواردة في المقطع المذكور بشكل مختلف قليلاً في كتابه *De Aspectibus* (وباستطاعتنا التحقق من ذلك). فهل يكون هذا المقطع المأخوذ من *De Speculis* صادراً عن ترجمة ما لنص يوناني، استعارها الكندي؟ أم أنه، على العكس من ذلك، مقطع للكندي تمت استعارته من هذا الكتاب العربي المنقول إلى اللاتينية؟ وللإجابة عن هذا السؤال يجب تفحص هذا الاقتباس العربي ـ اليوناني لكتاب *De Speculis*. وهذا ما سنحاول القيام به في دراسة مستقلة. [انظر: «La Tradition arabe du livre des miroirs attribué à Euclide,» *Arabic Sciences and Philosophy* (A paraître)].

[صفحة ١٦٣، سطر ١٢] نشير إلى أن الفعل «ينبث»، المستخدم هنا للحديث عن انتشار «القوة النورية» التي يوجد مصدرها في العين، ينتمي إلى مفردات الكندي وإلى تعابير علم المناظر في ذلك العصر، كما يشهد على ذلك كتاب ابن لوقا. وهذا الفعل يشير في آن واحد إلى البروز وإلى الانتشار. وهكذا، نقرأ في القرآن الكريم: **﴿فأحيا به الأرض بعد موتها وبث فيها من كل دابة﴾** **[القرآن الكريم**، «سورة البقرة،» الآية ١٦٤].

وهذا يعني أن هذا الفعل يُناسب تماماً هذه «القوة النورية» التي تخرج من العين. فضلاً عن ذلك، يبدو أن هذا الفعل قد كُرّس في علم المناظر

هذا، فقط للأشعة الخارجة من العين. وهو يختفي تماماً عندما يتناول الكندي موضوع الأشعة الشمسية في المؤلّف نفسه.

أما ابن لوقا، فإنه يبدو أيضاً أنه يكرس هذا الفعل (انبث) لهذا الاستخدام الوحيد وهو يلجأ في كتابه **اختلاف المناظر** إلى تعبير آخر هو «ينبعث» للدلالة على الشعاع المنعكس في المرآة. وهذا يعني أنه كان لهذا الفعل، وكذلك لاشتقاقاته، استخدام تقني في نظرية البث، على الأقل عند علماء علم المناظر الهندسي(١٨). فهل من الغريب إذن أن يختفي هذا المصطلح من مفردات علم المناظر اللاحق، حيث لم يعد الشعاع البصري يلعب أي دور؟ ويبدو في الواقع، أنه غائب عن علم مناظر ابن سهل وابن الهيثم. وعلى أية حال، عندما نقل المترجم اللاتيني هذا المصطلح مستخدماً ببساطة الفعل«Procedere»، فإنه بذلك قد ترك في الظل فكرة «الانتشار».

لنلاحظ أيضاً أن تعبير «القوة النورية» (Virtus Luminosa) يظهر في كتاب الكندي كما في الترجمة اللاتينية دون أي مضمون بيولوجي أو سيكولوجي. ولن يتأخر هذا التعبير في الحصول على هذا المضمون ـ مع ابن لوقا ـ ليتماثل سريعاً مع المفهوم الجاليني عن «الروح الباصر» (πνεῦμα ὀπτικόν)، ويصبح معروفاً لدى الفلاسفة المسلمين من خلال هذا المفهوم. لكننا، ودون أن نستعرض تاريخ هذا التعبير، نستشهد هنا بمعاصر للكندي هو حنين بن اسحق (١٩٤ هـ/ ٨٠٩م/ ٢٦٤هـ/ ٨٧٧م). ونورد ما ذكره في **كتاب العشر مقالات في العين** بصدد هذا «الروح الباصر»: «وجنسه من جنس الروح النفساني... فهذا الروح في خاصة نفسه نيّر دون سائر الروح النفساني النافذ قوته من الدماغ في العصب إلى كل واحدة من آلاف الحواس الباقية».

نشير إلى أن تعبير الروح النفساني يقابله باليونانية تعبير (πνεῦμα ψυχικόν). [انظر: حنين بن اسحق، «كتاب العشر مقالات في العين،» في:

---

(١٨) حول استخدام هذا المصطلح في الكتابات الفلسفية لذلك العصر، انظر: *Proclus Arabus; Zwanzig Abschnitte aus der Istitutio Theologica in Arabischer Übersetzung*, eingeleitet, herausgegeben und erklärt von Gerhard Endress, Beiruter Texte und Studien; Bd. 10 (Beirut: Orient-Institut der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft, 1973), pp. 109 - 110.

Hunain Ibn Ishaq, *The Book of the Ten Treatises on the Eye Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809-877 A.D.)*, the arabic text edited from the only two known manuscripts, with an english translation and glossary, by Max Meyerhof, publications de l'université égyptienne, faculté de médecine; no.1 bis., 2 pts. (Cairo: Government Press, 1928), p. 98].

لنلاحظ أيضاً أن مصطلح «الناظر» يشير إلى الفتحة السوداء في وسط العين التي من خلالها تمر «القوة النورية»، أي أنه يشير إلى البؤبؤ. نذكر أخيراً أن «الضياء الشعاعي» له شكل «مخروط اسطواني». وهذا الضياء ذو الشكل المخروطي كان يشار إليه في ذلك العصر بثلاثة مصطلحات استخدم منها الكندي اثنين فقط، وهي:

ـ شعاع النظر، وهذا المصطلح نجده في كتاب **تقويم الخطأ** في الصفحة ٢٤٣ في السطر ٢٠.

ـ شعاع البصر، ومنه «الشعاع البصري». وهو المصطلح الأكثر تداولاً، وإن كان الكندي قليلاً ما يستخدمه [صفحة ٢١٣، السطر ١٣؛ صفحة ٢٤٥، سطر ٥]. لكن ابن لوقا، بالمقابل، يستخدمه بكثرة.

ـ المناظر، نجد هذا المصطلح عند حنين بن اسحق.

وهذا التعبير، بالتحديد هو الذي تُرجِمَتْ به الكلمة اليونانية (ὄψεις).

من جهة أخرى، بهذا التعبير يبدأ النص A من «**علم المناظر**»، حيث نقرأ «المناظر من العين». وهذا المصطلح لا يرد في مفردات الكندي، كما أنه لم يفرض نفسه في علم المناظر الهندسي.

[القضية ٢، صفحة ١٧١] الاستدلال مقبول إذا كانت العين، ودون أن تكون على المنصف المشترك، موجودة في الشريط المحدّد بالمتوازيين DA و DB اللذين ينبغي رسمهما، لأن الزاوية HEG هي جزء من الزاوية CED.

وإذا لم تكن العين في هذا الشريط، فإننا لا نستطيع الاستنتاج بواسطة الطريقة نفسها.

نشير أيضاً إلى أن الاستدلال يبقى مقبولاً في الحالة الأعم حيث لا يكون للقطعتين المتساويتين والمتوازيتين منصف مشترك، إذا كانت العين في الشريط المحدد بأطراف القطعتين.

[صفحة ١٧٣، سطر ١ ـ ٢] هنا يستشهد الكندي بخاصة بكتبه: «الفلسفة الأولى» (صفحة ١١٥ ـ ١١٦)؛ «في وحدانية الله وتناهي جرم العالم» (صفحة ٢٠١ ـ ٢٠٧)؛ «في إيضاح تناهي جرم العالم» (صفحة ١٨٦ ـ ١٩٢). [انظر: أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، حققها وأخرجها محمد عبد الهادي أبو ريدة، ٢ ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣)].

[صفحة ١٧٣، سطر ٧] لقد أضفنا إلى النص عبارة «ولا عمق»، ولا يعود السبب فقط إلى الجملة السابقة والتي تفرض هذه الإضافة، بل أيضاً إلى أنّنا نجد العبارة نفسها في كتاب *De Aspectibus* (صفحة ٤٦١، سطر ٣٤ ـ ٣٥) وهي «Quod autem longitudine et latitudine et profunditate caret, non sentitur uisu».

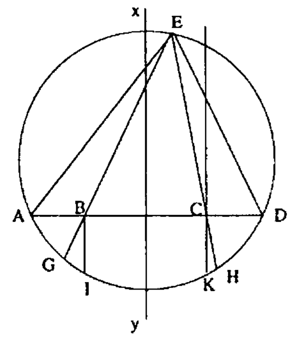
[صفحة ١٧٣، سطر ٢١] عبارة «أصدق السبيل» يجب عدم تعديلها؛ فهي تعود إلى الكندي [انظر على سبيل المثال: أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، في **الصناعة العظمى**، تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد (قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧)، ص ١٢١ و١٢٩].

[القضية ٧، صفحة ١٨٣] القضية السابقة، أي السادسة، تتطابق مع الجزء الأول من القضية السادسة في «**علم المناظر**» لأقليدس. أما القضية السابعة فتتطابق بدورها مع الجزء الثاني من قضية أقليدس المذكورة. يأخذ الكندي الخطين المستقيمين المتوازيين AB وCD من القضية ٦، وتكون العين E في مستوي تناظر الشريط المحدد بين AB وCD؛ ويكون EF العمود المسقط من النقطة E على محور الشريط.

نشير إلى أن هذه الفرضية لا ترد في النصوص G_1 وG_2 وA حيث يتم الاستدلال بشكل منفصل على كل قسم من أقسام الشريط.

[القضية ٨، صفحة ١٨٥، سطر ١٤] لنلاحظ أنه إذا كانت النقطة E بين المستقيمين xy وKC، فإن النقطة H تكون على القوس KD ويكون لدينا $\widehat{DH} < \widehat{DK}$. وإذا كانت E على الخط المستقيم CK، يكون لدينا H = K و$\widehat{DH} = \widehat{DK}$. وهاتان الحالتان لا يتناولهما الكندي.

الشكل رقم (١)



لنلاحظ أيضاً أن النتيجة صحيحة بالنسبة إلى أي نقطة E في نصف المستوي (xy, D)، كما يمكن أن نرى ذلك بسهولة.

[القضية ٩، صفحة ١٨٧]:

١) في نص الكندي، النسبة $\widehat{CED}/\widehat{AEB}$، قد عُكِسَتْ. فهو يكتب $BE/ED > \widehat{AEB}/\widehat{CED}$؛ وهذا بديهي، وذلك أنه بموجب الافتراض يكون لدينا: $BE/ED > 1$، ونعرف أن $\widehat{AEB} < \widehat{CED}$، وبالتالي نحصل على $\widehat{AEB}/\widehat{CED} < 1$.

٢) لقد أثبت أقليدس المتباينة التالية $EB/ED > \widehat{CED}/\widehat{AEB}$، وقال «إنّ المقادير المتساوية لا تُرى وفق نسبة المسافات». وهذا الاستنتاج لا يتطلب في الواقع أي برهان، فهو واضح من القضية الخامسة. وكان قد أثبت في هذه القضية أنه «من بين مقدارين متساويين، فإن الأقرب إلى العين يُرى أعظم».

٣) نعلم من القضية ٥ أنه إذا رُئي مقداران متساويان، أحدهما على مسافة d_1 والآخر على مسافة d_2 من العين، على التوالي بزاوية α_1 و α_2، يكون لدينا:

$$d_1 > d_2 \Rightarrow \alpha_1 < \alpha_2 ؛$$

فينتج:

$$\frac{d_1}{d_2} > 1 \Rightarrow \frac{\alpha_1}{\alpha_1} < 1 .$$

ونعرف بالتالي أن:

$\frac{d_1}{d_2} \neq \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ $[\frac{d_1}{d_2} > 1 > \frac{\alpha_1}{\alpha_2}]$.

فنستنتج إذن من القضيتين ٥ و٩:

$\frac{d_1}{d_2} > \frac{\alpha_2}{\alpha_1} > 1 > \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$. (إذا كان $d_1 > d_2$)،

وبالتالي، فإن الزاويتين α_1 وα_2 اللتين بهما ترى العين المقدارين المتساويين ليستا متناسبتين لا طرداً ولا عكساً مع المسافتين d_1 و d_2 بين العين وهذين المقدارين.

[القضية ١٠، صفحة ١٨٩] إن العرض الذي يقول إن «الأشكال ذوات الزوايا ترى من بُعْدٍ مستديرة» يُظهر أن الفرضيات يجب أن تتناول موقع العين على الخط العمودي على المستوي ABCD. والنقطة Q مشار إليها في النص دون أن تظهر كلمة «العين».

إذا أخذنا كفرضية أن موقع النقطة Q قد اختِيرَ بحيث لا يشكل الفرق QA - QG مقداراً محسوساً، أي بحيث يكون $QA \cong QG$، فإننا نحصل في النتيجة على $EA \cong EG$.

فالمثلثان QEA و QEG هما قائما الزاوية، بموجب الفرضية:

$QG^2 = QE^2 + EG^2$ وكذلك $QA^2 = QE^2 + EA^2$،

والضلع EQ مشترك بين المثلثين، وبالتالي فإنّ $QA \cong QG$ تقتضي $EA \cong EG$.

[القضية ١٠، صفحة ١٩١، سطر ٨ ـ ٩] إن مصطلح «جذر»، وهو غير إقليدي، ينتمي إلى المفردات الرياضية للكندي. [في هذا الصدد، انظر مقالتنا: Roshdi Rashed, «Al-Kindi's Commentary on 'Archimedes: The Measurement of the Circle,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 3, no.1 (March 1993), pp. 7-53, esp. pp. 17 and 43, line 15].

[القضية ١١، صفحة ١٩١ ـ ١٩٥] يتناول الكندي هنا خمسة أشعة (لا

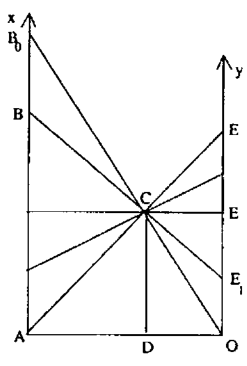
أربعة كما في «**علم المناظر**» لأقليدس) وهي AB،AC، AD، AE، AF، ولا يشير إلى الفرضية AB⊥BC، التي تبدو أنها محققة على الشكل الوارد لها في المخطوطة. إلا أن هذه الفرضية ليست ضرورية. إذ يكفي، من بين النقاط B، C، D، E، F، أن تكون النقطة B هي الأقرب من A، وأن تكون جميع هذه النقاط في الجهة نفسها لطرف العمود المسقط من A على استقامة BF.

[القضية ١٥، صفحة ٢٠٥ ـ ٢٠٧] في القضيتين الثالثة عشرة والرابعة عشرة من «**علم المناظر**» لأقليدس، إن الفرضيات التي تتناول موقع ثلاث قطعات مستقيمة بالنسبة إلى مستوٍ أفقي كما وردت في القضيتين ١٤ و١٥ من كتاب **تقويم الخطأ** ليست محددة، وكذلك الأمر بالنسبة إلى موقع العين. ولا يقدم أقليدس أي تبرير. أمّا الكندي فإنّه يحدّد مواقع القطعات والعين ويقدم تبريراً للنتائج.

[القضية ١٧، صفحة ٢٠٧، سطر ٥] من القضيتين ١٦ و١٧ نستطيع أن نستخلص استنتاجاً وحيداً:

لتكن مُعطاة القطعة CD ونصف خط مستقيم Ax وآخر Oy، بحيث تكون النقاط A، D، O على خط واحد، وتكون الخطوط المستقيمة CD، Ax، وBy متوازية. فإذا تحركت العين E على Oy انطلاقاً من O، فإن الجزء من Ax، الذي يُرى في الوقت نفسه مع CD، يتناقص من AB_0 إلى الصفر، حيث تكون B_0 نقطة التقاء OC مع Ax.

الشكل رقم (٢)



في القضيتين ١٥ و١٦ من G_1، نجد مسألة مختلفة قليلاً، إذ إن تحرك العين يحصل أفقياً، لذلك يكون الارتفاع h للعين فوق BD ثابتاً. في القضية ١٥ لدينا $h > BD$، وفي القضية ١٦ لدينا $h < BD$.

في النص G_1 كما في باقي النصوص، يُدْرَسُ كيف يتغير الجزء من AB الذي لا يُرى في الوقت نفسه مع CD، وذلك عندما تقترب العين من CD، في حين أن الكندي يتناول الجزء المرئي:

[القضايا ١٩ إلى ٢٢، صفحة ٢٠٩ ـ ٢١٥] إنها مجموعة مسائل عملية تخصُّ تحديدَ طولٍ لا يُمكن قياسُه مباشرة، مثل ارتفاع شجرة، أو عمق بئر، أو عرض واد. وتتمثل الطريقة في استخدام الشعاع البصري أو الشعاع الشمسي من جهة، وفي استخدام مثلثات متشابهة من جهة أخرى لتحديد الطول المجهول بصفته عنصراً رابعاً من عناصر النسبة لثلاثة أطوال معروفة.

[القضية ٢٣، صفحة ٢١٩، سطر ١] في النص العربي A من «**علم المناظر**»، نقرأ في نهاية هذه القضية الجملة التالية:

«ومثل ذلك يَعرض أيضاً في باطن القوس».

وفي النص G_1 نجد في نهاية هذه القضية جملة معادلة:

(τὰ δ’ αὐτὰ συμϐήσεται καὶ ἐπὶ τῆς κοίλης περιφερείας)

ترجمتها عن اليونانية هي: «والأمور نفسها ستحصل أيضاً للقوس المقعر».

لذلك من المحتمل تماماً أن هذه الجملة كانت موجودة أيضاً في النص K الذي تناوله الكندي، وأن هذه الجملة نفسها وكذلك التبرير الذي أعاد تقديمه ابن عيسى في اقتباسه قد سقطا خلال نسخ المخطوطة الوحيدة التي نملكها. ولكي نحتاط لهذا الاحتمال نقدم هنا النص الذي نسخه ابن عيسى [انظر: أحمد بن عيسى، **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب اقليدس في علل البصر**:

(Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 789), fol. 95^r-96^r, and (Istanbul, Laleli 2759), fol. 111^r-112^r].

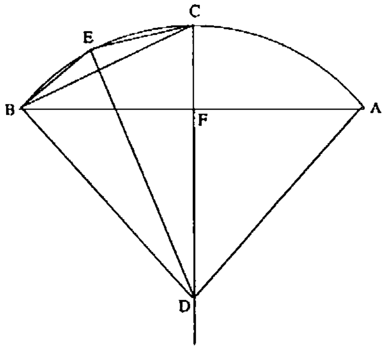
«وكذلك يعرض في باطن قطعة الدائرة إذا كانت الشرائط على ما قدمنا. إن قوس أ جـ ب ترى من علامة د، إذا نظر إليها من باطنها ـ خطاً مستقيماً، كخط أ و ب أيضاً، لأن قوس هـ ب وترها خط ب و، والوتر والقوس يريان

بزاوية واحدة وهي زاوية هـ د ب. وكذلك قوس هـ جـ وترها هـ جـ، فهي ووترها/ يريان جميعاً بزاوية واحدة وهي زاوية جـ د هـ، وكذلك قوس جـ ب ووتر جـ ب يريان جميعاً بزاوية جـ د ب. فالقوس إذاً ترى خطاً مستقيماً.

وكذلك التدبير في الجانب الآخر من القوس الذي هو جـ أ. فقوس أ جـ ب إذاً كلها ترى من علامة د - التي هي الناظر - من باطنها خطاً مستقيماً كخط أ جـ ب إذاً كلها ترى من علامة د - التي هي الناظر - من باطنها خطاً مستقيماً كخط أ و ب الذي هو وترها، ويرى خط أ و ب راكباً لها، لأنهما جميعاً يريان بزاوية أ د ب. وكذلك خط جـ ب وخط و ب يريان جميعاً بقدر واحد من زاوية و د ب.

فقد ظهر أن الأقدار المختلفة من القسي والخطوط ترى متساوية في الحس بمقادير من الوضع/لها إذا أبصرت بزوايا متساوية وذلك ما أردنا بيانه».

الشكل رقم (٣)



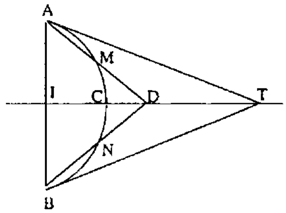
ملاحظة ١: في الحالة المدروسة في القضية ٢٣، تقع العين D على المنصف IC للقطعة AB وراء القوس ACB. في هذه الحالة يجب افتراض القوس ACB أقل من نصف دائرة. وفضلاً عن ذلك، إذا كانت T الموجودة على IC هي نقطة تقاطع المماسين في النقطتين A وB، فإنه يجب أن نفترض أن $ID \geq IT$.

فإذا لم تتحقق هذه الشروط، يكون لدينا:

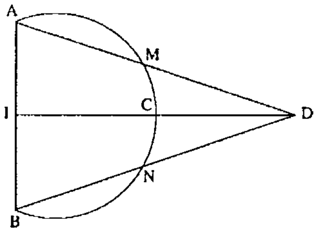
- إمّا ACB مساوٍ لنصف دائرة أو أكبر منها (الشكل رقم (٤ أ))؛
- إما ACB أقل من نصف دائرة مع $ID < IT$ (الشكل رقم (٤ ب))؛

وفي هاتين الحالتين، يقطع الخطان المستقيمان DA وDB القوس ACB على التوالي في M وN، وبالتالي فإن القوس MN هو الذي يُرى بزاوية ADB مثل الوتر AB. والقوس ACB لا يرى إذن مثل الوتر AB.

الشكل رقم (٤ ب)

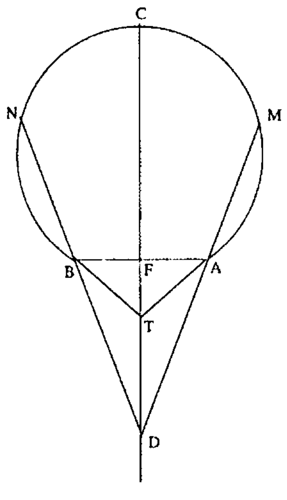


الشكل رقم (٤ أ)



وفي الحالة التي تكون فيها العين من جهة والقوس ACB من الجهة الأخرى بالنسبة إلى الوتر AB، وإذا كان هذا القوس أقل من نصف دائرة أو مساوياً لها، فإن الاستنتاج يكون صحيحاً لأية قطعة D من العين واقعة على منصف AB وراء النقطة F. لكن، إذا كان القوس ACB أكبر من نصف دائرة، وإذا كانت T نقطة تقاطع المماسين (الشكل رقم (٤ ج))، فإن الاستنتاج يكون صحيحاً إذا كانت النقطة D بين F وT، لكن عندما تكون D وراء T يكون القوس MCN، وليس القوس ACB، هو الذي يُرى بالزاوية نفسها التي يرى بها الوتر AB.

الشكل رقم (٤ ج)



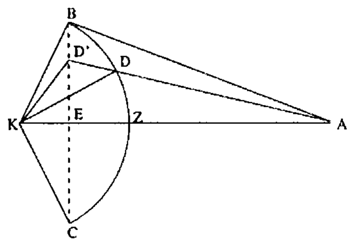
ملاحظة ٢: إن الطرق التي استخدمها أقليدس (القضية ٢٢ النص I) وتلك التي استخدمها الكندي تختلف تماماً.

يستخدم أقليدس مركز الدائرة التي يوجد عليها القوس موضوع الدرس، ويتناول أشعة، أي قطعات مستقيمة متساوية، لكنها ترى من زوايا غير متساوية.

$$\widehat{KAB} > \widehat{KAD}$$

بالتالي يبدو KB أكبر من KD.

الشكل رقم (٥)



إن الاستنتاج «KA يبقى ثابتاً، والقوس BC يكون دائماً عمودياً على KA» هو معطى من دون تبرير.

هل ينبغي الاعتقاد أن الكندي يعتبر أن أية نقطة من القوس BDZC ترى من A وراء موقعها الحقيقي؟ وهكذا تُرى D في نقطة 'D من القوس BC ويكون $KD' < KD$.

[القضية ٢٤، صفحة ٢١٩ ـ ٢٢١]، يختلف استدلال الكندي قليلاً عن استدلال أقليدس. فالأوَّل يستخدم المماسين في A وB ليفسر أن أي خط مستقيم خارج من إحدى هاتين النقطتين لا يستطيع أن يصل إلى نقطة F واقعة خارج الكرة على منصف AB دون أن يقطع الدائرة التي قطرها AB، وبالتالي فإن أي شعاع بصري لا يصل من F إلى A وB، لأن الكرة توقفه. أما أقليدس، فإنه يستخدم الدائرة التي قطرها FG ليحدد نقطتي تماس المماسيْن الخارجين من F. من الواضح عند ذاك أن النقطتين H وI تقعان في الجهة نفسها التي توجد فيها C بالنسبة إلى AB. وصحيح أن الكندي يشير إلى هذه الدائرة المحيطة بالمثلثين GHF وGIF، لكنه لا يستخدمها في البرهان.

لنلاحظ أن المسألة التي تعالج هنا بالنسبة إلى الكرة والتي تتناول فقط

عيناً واحدة هي F، سَتُعَادُ دراستها في القضية ٢٨ بتناول العينين الاثنتين. كما ستُعاد معالجة المسألة في ما بعد بالنسبة إلى الأسطوانة في القضية ٢٩ وبالنسبة إلى المخروط في القضايا ٣٠ و٣١ و٣٢.

من جهة أخرى، فإنّ المتباينة $\widehat{IH} < \widehat{ACB}$ التي لم تُثبت هنا نجدها مرة أخرى مع استخدام أحرف أخرى لتسمية النقاط، وذلك في القضية ٢٨ حيث يحدد الكندي بواسطة برهان الخُلْف موقع النقطتين الموافقتين لِـ H وI. وفي القضية ٢٩، يحدِّد موقع هاتين النقطتين بواسطة مقارنة المسافتين من النقطة الموافقة لـِ F إلى النقطتين الموافقتين لِـ H و I مع المسافتين من النقطة F إلى النقطتين A وB.

[القضية ٢٥، صفحة ٢٢٣ ـ ٢٢٥] وكما فعل أقليدس، لا يبرر الكندي المتباينة:

$$\widehat{EF} > \widehat{IH} \qquad (١)$$

فلدينا:

$\cos \widehat{EDC} = \frac{ED}{DC}$، وكذلك $\cos \widehat{HDC} = \frac{HD}{HG}$.

لكِن:

$ED = HD$ و $DC > DG$،

مما يؤدي إلى:

$$\cos \widehat{EDC} < \cos \widehat{HDG}$$

فينتج من ذلك:

$$\widehat{EDG} > \widehat{HDG}$$

ومنها:

$$\widehat{FDE} > \widehat{IDH}$$

ومنها:

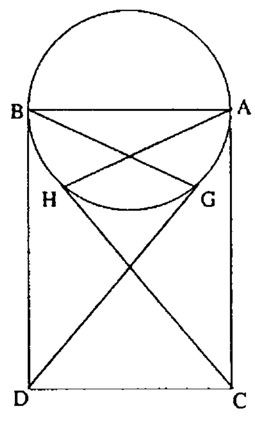
$$\widehat{EF} > \widehat{IH}$$

من جهة أخرى، لا يبرر أقليدس المتباينة $\widehat{IGH} < \widehat{ECF}$ التي يستنتجها الكندي من المتباينة $\widehat{IDH} < \widehat{EDF}$، وهذه المتباينة الأخيرة هي نتيجة مباشرة للمتباينة (١) التي لم يثبتها.

[القضية ٢٦، صفحة ٢٢٥ ـ ٢٢٧] في هذه القضية، كما في القضيتين اللاحقتين، ينظر المراقب إلى الكرة AB، ويقع الناظران في النقطتين C وD. يفترض في الحالات الثلاث أن القطعتين AB وCD لهما المنصف نفسه. يشير الكندي إلى هذا الأمر بوضوح في القضيتين ٢٦ و٢٨، وبشكل مضمر في القضية ٢٧. أما في «**علم المناظر**» لأقليدس، في القضية ٢٥ من النص G_1، فالمنصف مرسوم، وفي القضيتين ٢٦ و٢٧ يُفترض ضمنياً أن منصف القطعة التي تصل الناظرين يمر بمركز الدائرة. في هذه القضية نفسها، أي الخامسة والعشرين، يتناول أقليدس مسألة دوران المستطيل ABCD حول منصف القطعة AB، لكنه يفترض أن الناظرين C وD ثابتان. والأسطوانة التي يحصل عليها لا تمثل شعاعاً بصرياً ولا تؤدي بالتالي إلى النتيجة المنشودة. لذلك، فالنتيجة التي توصل إليها أقليدس والتي استعادها الكندي هي مغلوطة.

ولكي يظهر الطوسي هذا الخطأ الذي تكرر في القضيتين اللاحقتين، أي ٢٦ و٢٧، فإنه يتناول في كتابته الشعاعين البصريين BDG وACH المنبثين من العينين D وC.

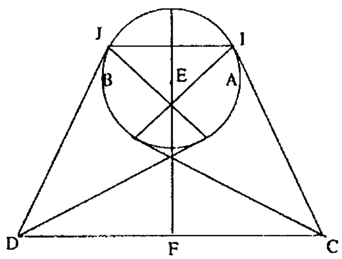
الشكل رقم (٦)



ترى العين C القبة الكروية AGH المحددة بالدائرة التي قطرها AH، والتي تقع في مستوٍ عمودي على مستوي الشكل. وترى العين D القبة الكروية BHG المحددة بالدائرة ذات القطر BG. لذلك يرى المراقب هاتين القبتين الكرويتين، لكن يبقى جزء من نصف الكرة هو AGHB، لا يراه. فهو يرى طرفي القطر AB لكنه لا يَرَى في الفضاء أي نقطة أخرى من الدائرة ذات القطر AB التي تقع في مستوٍ عمودي على مستوي الشكل.

[القضية ٢٧، صفحة ٢٢٩ ـ ٢٣١] من الواضح أن المراقب الذي تقع عيناه في C وD لا يرى كل القبة الكروية التي يحدثها القوس IABJ حول EF. وكما في القضية السابقة، فهو يرى النقاط التي تنتمي إلى كل من القبتين الكرويتين المقابلتين للعينين.

الشكل رقم (٧)



[القضية ٢٨، صفحة ٢٣١] يبين الكندي هنا بواسطة برهان خُلْف يختلف قليلاً عن البرهان المستخدم في القضية ٢٤، أن نقطتي التماس G وH تختلفان عن A وB. ويُوضح، بالإضافة إلى ذلك، أن هاتين النقطتين تقعان في نصف المستوي المحدد بالخط المستقيم AB والمتضمن النقطة E. ويستنتج من ذلك أن الخط المستقيم GH هو أقرب إلى النقطة E من الخط المستقيم AC، فيكون بالتالي:

$$.\overset{\frown}{GH} < A\overset{\frown}{GH}B$$

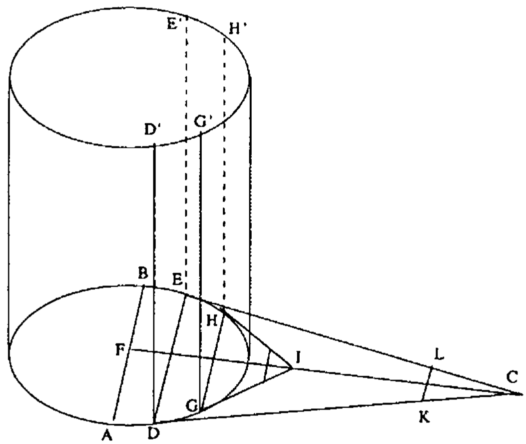
هذه المتباينة، المستخدمة هنا للاستنتاج، ليست هي نفسها الواردة في العرض: «فأقول: إن نقطتي G و H أقرب إلى علامة E من نقطتي A وB». وفي القضية ٢٩ المتعلقة بالأسطوانة نجد، باستثناء الأحرف، الشكل نفسه وبرهاناً للمتباينتين $GE < AE$ و $HE < BE$.

وقد قدم الكندي برهانه وكأن جزء الكرة الذي يُرى من الناظرين C وD هو نفسه الذي يرى من ناظر واحد واقع في النقطة E. وكما هو الأمر في القضيتين ٢٦ و٢٧، لا يرى المراقب كل القبة الكروية التي يحدثها القوس GH، بل يرى نقاط كل من القبتين الكرويتين المقابلتين للعينين.

[القضية ٢٩، صفحة ٢٣٥ ـ ٢٣٩] ذكر الكندي قبل أن يأخذ مثالاً، أن جزء الأسطوانة الذي يُرى في وضع معين للعينين يكون محصوراً بين الخطين المولّدين اللذين هما خطّا تماس المستويين المماسين مع الأسطوانة.

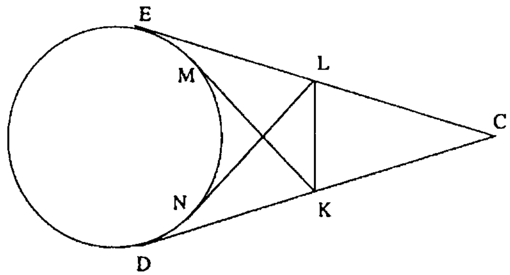
في المثال والبرهان لا يشير الكندي إلى الخطين المولدين DD′ وEE′ اللذين يحدان جزء السطح الجانبي الذي يُرى عندما تكون العين في C، أو عندما يكون الناظرين في نقطتين مثل K وL (الشكل رقم (٨ أ)).

الشكل رقم (٨ أ)



يحدد الخط المماس CD والخط المولد DD′ مستوياً مماساً للأسطوانة، ويكون كل خط مستقيم خارج من C أو من K إلى نقطة من DD′ مماساً لسطح الأسطوانة. والأمر نفسه ينطبق على أي خط مستقيم خارج من C أو من L إلى نقطة ما من الخط المستقيم EE′. وإذا أخرجنا من كل من النقطتين K وL المماسين الآخرين KM وLN للدائرة ذات القطر AB (الشكل رقم (٨ ب)) في النقطتين M وN، فإننا نحصل على الخطين المولدين MM′ وNN′.

الشكل رقم (٨ ب)



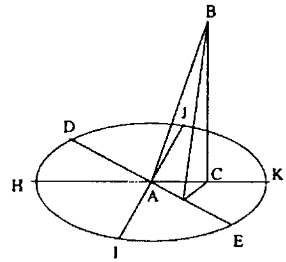
إلى كل نقطة من السطح المحدد بالخطين DD′ وMM′ يصل شعاع بصري خارج من K، وإلى كل نقطة من السطح المحدد بالخطين NN′ وEE′ يصل شعاع بصري خارج من L. لذلك، وكما ذكر الكندي، يرى المراقب كل الجزء المحصور بين DD′ وEE′.

[القضية ٣١، صفحة ٢٤٣، سطر ٢١] يبدو أن عرض هذه القضية يتضمن بعض الأخطاء التي تتكرر في المثال وفي الشكل. ذلك أنه إذا كانت القطعة المستقيمة BC قطراً، فإن تقاطع المستويين المماسين للمخروط على امتداد الخطين المولدين DB وDC لا يمر بالنقطة E من BC. فالنقطة E هي نقطة من قاعدة المخروط، وEB وEC هما مماسان لدائرة القاعدة خارجان من E، في حين أن BC هو وتر عمودي على القطر الذي يمر بالنقطة E.

[القضية ٣٥، صفحة ٢٥٧، سطر ١٣] إن أيَّ قطرين غير متناظرين بالنسبة إلى الخط المستقيم Δ الذي يجمع بين مركز الدائرة ومسقط العين على مستوي الدائرة، يُريان غير متساويين، لكن إذا كانا متناظرين بالنسبة إلى Δ، فإنهما يريان متساويين. وإذا تناولنا أحد نصفي الدائرة المحددين بالخط المستقيم Δ، فإن جميع أنصاف الأقطار الموافقة له ترى غير متساوية.

[القضية ٣٦، صفحة ٢٥٩ ـ ٢٦١] يعطي الكندي دون برهان ملخصاً لتغير الزاوية BAE عندما تتحرك النقطة E على الدائرة انطلاقاً من النقطة K المواجهة قطرياً للنقطة H.

الشكل رقم (٩)

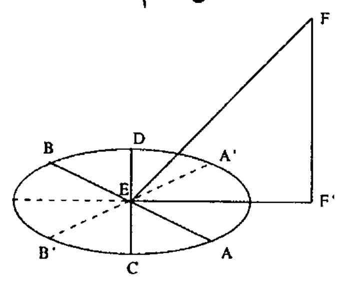


يُظهر الكندي أنه عندما تصل النقطة E إلى I بحيث تكون الزاوية KAI قائمة، فإن الزاوية BAI تكون أيضاً قائمة. وإذا أخذنا بعين الاعتبار القضية ٣٥، فإنه يكفي أن نتابع تحرك النقطة E على نصف دائرة. ويؤكد الكندي دون برهان أن الزاوية BAE تتزايد عندما ترسم النقطة E الدائرة، وبالتالي يكون لدينا البيان التالي:

موقع E	K	I	H
$\widehat{KAE}$	0	90°	180°
$\widehat{BAE}$	$\widehat{BAK}$	90°	180°- $\widehat{BAK}$

[القضية ٣٨، صفحة ٢٧٣ ـ ٢٧٥] يمكننا تلخيص مسار الكندي كما يلي: لِتكُن ABCD عجلة مركزها E، ولتكن النقطة F مركز العين.

الشكل رقم (١٠)



استناداً إلى القضايا السابقة:

إذا كان EF⊥(ABCD)، فكل الأقطار ترى متساوية؛

إذا كان $EF = EA$، فكل الأقطار ترى متساوية؛

إذا كان $EF \neq EA$ وEF غير عمودي على $(ACBD)$، وإذا كانت F' هي المسقط العمودي للنقطة F على المستوي $(ACBD)$، عند ذاك فإن أي قطرين غير متناظرين بالنسبة إلى EF' يريان غير متساويين، كما أن أي قطرين متناظرين بالنسبة إلى EF' يريان غير متساويين.

ولا يشير الكندي إلى هذه الحالة الأخيرة، في حين أن أقليدس يفعل ذلك في القضية ٣٦ من النص G_1 عندما يستنتج: «بحيث إن العجلة تبدو متطاولة».

[القضية ٣٩، صفحة ٢٧٥ ـ ٢٧٩] يفترض الشكل في المخطوطة أن DCGHEF هو سداسي منتظم ـ أو مضلع منتظم عدد أضلاعه $2n$ ـ ونرى على الشكل أن $AD < DC$ و $FD = DC$.

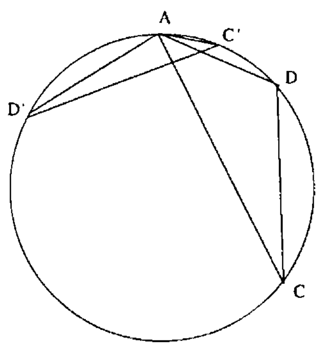
في الحقيقة، بما أنه يفترض أن النقطة A تبقى ثابتة وأن النقطتين C وD يرسمان الدائرة مع الحفاظ على القوس CD ثابتاً، فإن الأمر يتعلق فقط بتمييز الأوضاع التي فيها تكون النقطة A على القوس الكبير المحدد بالوتر CD، من الأوضاع التي فيها تكون النقطة A على القوس الصغير، كما هو الحال في الوضع $C'D'$. إذا كان لدينا في الحالة الأولى:

$$\widehat{CAD} = \alpha،$$

فإنه يكون لدينا في الحالة الثانية:

$$\widehat{C'AD'} = \pi - \alpha.$$

الشكل رقم (١١)



يعطي أقليدس للقضية ٣٧ عرضاً لا يختلف عن عرض الكندي، لكنه لا يتناول بالنسبة إلى المقدار الذي يُنظر إليه سوى وضعين خاصين للغاية، متناظرين بالنسبة إلى القطر المار بالنقطة A. وينهي قائلاً «إن الشيء نفسه يحصل إذا بقيت العين في مركز الدائرة وإذا تحرَّك المقدار، الذي يُنظر إليه، على محيط الدائرة».

[القضية ٤٠، صفحة ٢٧٩ ـ ٢٨١] في هذه القضية يُفتَرضْ الجسم المرئي ثابتاً والعين متحركة. في حين أنه، في القضايا ٣٩، ٤١، ٤٢، ٤٣، تكون العين ثابتة ويكون المرئي متحركاً. فضلاً عن ذلك، يستخدم الكندي الفرضيات الخاصة بهذه القضية، مجدَّداً في القضية ٤٤. بالتالي، قد نتساءَل إذا كانت هذه القضية، الأربعون، تقع في مكانها.

[القضية ٤٣، صفحة ٢٩١، سطر ٧] يجمع الكندي مع الشكل المجَسَّم شكلاً مستوياً. فيَأخذ نصف دائرة قطرها $JH = 2r$ ويسمّي K منتصف HJ، ويأخذ L على استقامة KH بحيث يكون $KL = \ell$، ويأخذ M وI على نصف الدائرة بحيث يكون $\widehat{LKM} = \widehat{AEF} = \alpha$ ويكون $\widehat{LKI} = \widehat{FEB} = \beta$؛ ويأخذ النقطتين N وS بحيث يكون $MN = IS = KL$، ويكون $KL \,//\, IS \,//\, MN$. نعرف أن $\widehat{AEF} < \widehat{BEF}$، وينتج من ذلك أن $\widehat{LKM} < \widehat{LKI}$. ويريد أن يقارن الزاويتين $\widehat{AED}$ و$\widehat{BEC}$ اللتين ترى بهما العين الواقعة في E القطعتين المستقيمتين المتساويتين AD وBC بطول ℓ.

يميز الكندي ثلاث حالات:

أ) $\ell > r$ ب) $\ell = r$ ج) $\ell < r$

في الحالة ب يكون متوازيا الأضلاع IKLS وMKLN على شكل مُعَيَّن، ويكون لدينا:

$$\widehat{IKS} = \tfrac{1}{2}\widehat{LKI} \quad \text{و} \quad \widehat{MKN} = \tfrac{1}{2}\widehat{LKM}،$$

فينتج من ذلك:

$$\widehat{IKS} > \widehat{MKN}.$$

لكن في الحالتين أ و ج، لا يكون الخطان القطريان لمتوازيَيْ الأضلاع منصفين للزاويتين، لذلك:

$$\widehat{IKS} \neq \tfrac{1}{2}\widehat{LKI} \;،\; \widehat{MKN} \neq \tfrac{1}{2}\widehat{LKM}.$$

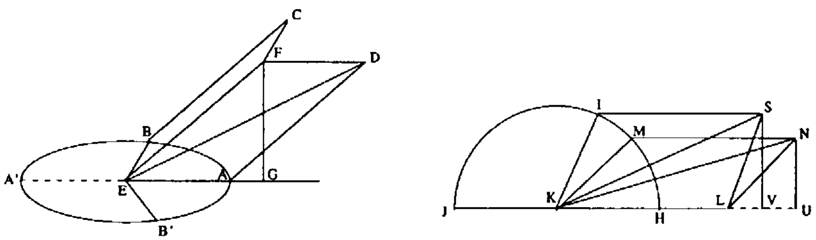
ولا نستطيع أن نؤكد دون برهان أن $\widehat{MKN} < \widehat{IKS}$.

[القضية ٤٣، صفحة ٢٩٣، سطر ١٠] ليس ضرورياً التمييز بين هذه الحالات الثلاث. مهما كانت قيمة الطول ℓ، فإن متوازيَيْ الأضلاع AEFD وMKLN هما متساويان، والأمر نفسه ينطبق على متوازيَيْ الأضلاع BEFC وIKLS، ويكون لدينا:

$\widehat{AED} = \widehat{MKN}$ و $\widehat{BEC} = \widehat{IKS}$.

يتعلق الأمر إذن بمقارنة $\widehat{MKN}$ و $\widehat{IKS}$.

الشكل رقم (١٢)



لقد فُرِضَ: $\widehat{FEA} = \alpha$ و $\widehat{FEB} = \beta$، ومن المعروف أن $\beta > \alpha$ وأنه إذا رَسمت النقطة B نصف الدائرة ABA'، فإن الزاوية β تزداد من α إلى $\pi-\alpha$ وأنه بالنسبة إلى موقعين B وB'، متناظرين بالنسبة إلى AA'، يكون لدينا $\widehat{FEB} = \widehat{FEB'} = \beta$.

الطريقة الأولى: في الشكل المستوي؛ نفترض أن $NU \perp KL$ و $SV \perp KL$، فيكون لدينا $\widehat{MKL} = \widehat{NLU} = \alpha$ ، ويكون $\widehat{IKL} = \widehat{SLV} = \beta$؛ فينتج:

$$\mathrm{tg}\ \widehat{LKN} = \frac{NU}{KU} = \frac{r \sin\alpha}{\ell + r\cos\alpha}$$

$$\mathrm{tg}\ \widehat{LKS} = \frac{SV}{KV} = \frac{r \sin\beta}{\ell + r\cos\alpha}$$

لكن لدينا:

$\pi - \alpha$	$\pi /2$	α	β
$\sin \alpha$	1	$\sin \alpha$	$\sin \beta$
$- \cos \alpha$	0	$\cos \alpha$	$\cos \beta$

إذاً:

$\cos \alpha > \cos \beta$ ، $\sin \alpha < \sin \beta$

لدينا إذاً:

$$\operatorname{tg} \widehat{LKN} < \operatorname{tg} \widehat{LKS}$$

فينتج:

$$\widehat{LKN} < \widehat{LKS}$$

وبالتالي:

(١) $\widehat{KNM} < \widehat{KSI}$.

من جهة أخرى، في المثلثين SKI و NKM، لدينا:

(٢) $r/\ell = \sin \widehat{KSI}/\sin \widehat{SKI} = \sin \widehat{KNM}/\sin \widehat{NKM}$.

من العلاقتين (١) و(٢) نستنتج أن $\sin \widehat{SKI} > \sin \widehat{NKM}$، وبما أن الزاويتين حادتان، يكون لدينا $\widehat{SKI} > \widehat{NKM}$، وبالتالي يكون:

$\widehat{BEC} > \widehat{AED}$.

في ما يتعلق بنقطتين B و B′ متناظرتين بالنسبة إلى القطر AA′، فإن القطعتين المستقيمتين BC و B′C′ الموافقتين لهاتين النقطتين تكونان متناظرتين بالنسبة إلى المستوي FEA وتريان من النقطة E بزاويتين متساويتين، وبذلك يكون لدينا:

$\widehat{B'EC'} > \widehat{AED}$.

بالتالي تُرى القطعة المستقيمة AD من E أصغر من القطعة المستقيمة BC عندما ترسم النقطة B الدائرة (E ، r).

الطريقة الثانية: في المثلثين MKN وIKS لدينا:

$$\widehat{MKN} + \widehat{MNK} = \widehat{MKL} = \alpha$$

وكذلك:

$$\sin \widehat{MKN}/\ell = \sin \widehat{MNK}/r$$

$$\widehat{IKS} + \widehat{ISK} = \widehat{IKL} = \beta$$

وكذلك:

$$\sin \widehat{IKS}/l < \sin \widehat{ISK}/r$$ ؛

لدينا إذاً:

$$\sin \widehat{MKN}/\sin \widehat{IKS} = \sin \widehat{MNK}/\sin \widehat{ISK} = k$$

وهذه الزوايا جميعها حادة، فينتج ما يلي:

١) إذا كان $1 > K$، يكون:

$\sin \widehat{MKN} < \sin \widehat{IKS}$ و $\sin \widehat{MNK} < \sin \widehat{IKS}$،

فيكون:

$\widehat{MKN} < \widehat{IKS}$ و $\widehat{MNK} < \widehat{ISK}$ ،

فينتج:

$$\alpha < \beta$$ ؛

وهذا صحيح.

٢) إذا كان $1 \leq K$، يكون:

$\widehat{MKN} \geq \widehat{IKS}$ و $\widehat{MNK} \geq \widehat{ISK}$ ،

فينتج:

$$\alpha \geq \beta$$ ؛

وهذا مستحيل.

لدينا إذاً:

$$\widehat{MKN} < \widehat{IKS}$$

فينتج:

$$\widehat{AED} < \widehat{BEC}.$$

[القضية ٤٦، صفحة ٢٩٩، سطر ٥ ـ ٨] إن عرض القضية هو أكثر عموميّة مما هو معالج في المثال. يشير النص إلى أن الخطين المستقيمين AE و BF «متساويين وموازيين لخط واحد». وفي هذه الحالة، لا نحصل على التساوي $\widehat{AEB} = \widehat{AFB}$، إلا إذا كان $AB \perp BF$ و $AB \perp AE$، ويبدو أن الشكل يلبي هذا الشرط.

لكن وبشكل أعم، وفي ما يتعلق بأي نقطتين E و F متناظرتين بالنسبة إلى D، فإنه يكون لدينا $\widehat{AEB} = \widehat{AFB} < \widehat{ADB}$.

إن المقطع الأخير من القضية ٤٣ في النص G_1 يتطابق مع القضية ٤٦ من كتاب الكندي.

[القضية ٤٧، صفحة ٣٠٣، سطر ٦] يفترض العرض أن E هي أية نقطة بين النقطتين D و C، أي في الزاوية DBC التي هي قائمة بموجب الافتراض. إن الخط المستقيم DB هو منصف AC، فيكون لدينا إذاً:

$$EC < EA،$$

فينتج من ذلك:

$$\overset{\frown}{EC} < \overset{\frown}{EDA}؛$$

وبالتالي:

$$\widehat{EAB} < \widehat{ECB}؛$$

لذلك، إذا كانت العين في النقطة E، فإن القطعة CB تبدو أكبر من القطعة AB.

والأمر نفسه ينطبق على أية نقطة E واقعة في الزاوية CBD أو في الزاوية CBF.

وإذا كانت العين في نقطة من المنصف، في D أو F على سبيل المثال، يكون لدينا:

$\widehat{BDC} = \widehat{BDA}$ وكذلك $\widehat{BFC} = \widehat{BFA}$ ،

وتُرى القطعتان BC وBA متساويتين.

وإذا كانت العين في أية نقطة من الزاوية DBA أو من الزاوية DBF، فإن القطعة BC تبدو أصغر من القطعة BA.

لنلاحظ على الشكل في المخطوطة أن القطعة AC تبدو كقطر للدائرة، ونقرأ في النص: «خطوط BC، BE وBA متساوية»، و«خطوط BC، BD وBA متساوية»، وهذا ليس صحيحاً إلا إذا كانت النقطتان E و D على الدائرة ذات القطر AC. إلا أن الكندي في عرض المثال يأخذ أية نقطة E، ويتناول الدائرة المحيطة بالمثلث EAC الذي ليس بالضرورة قائم الزاوية.

[القضية ٤٨، صفحة ٣٠٧]

١) في المقطع <ب> نسمي $\mathscr{P}$ المستوي الأفقي المار بالنقطتين A وC، والذي عليه يوجد الناظر F. لنفترض النقطة G على المستوي $\mathscr{P}$، وأنها تقع من جهة C بالنسبة إلى المستوي Q، المنصف للخط المستقيم AC والمنصف أيضاً للخط المستقيم BD.

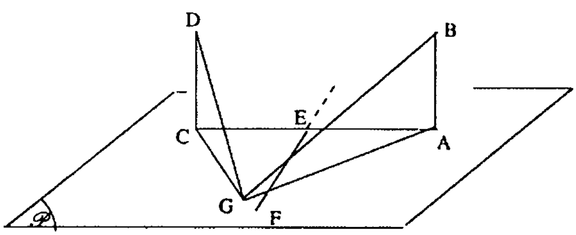
لدينا بالتالي GC < GA، وهذا ما بينه الكندي وما سمح له بالاستنتاج.

لدينا أيضاً GB < GD، وهذا ما يفترضه الكندي دون تبرير عندما يكتب:

$$\frac{GB}{AB} > \frac{GD}{CD}،$$

ومن هنا يستخلص $\widehat{GBA} < \widehat{GDC}$، وهذا ما سمح له بالاستنتاج.

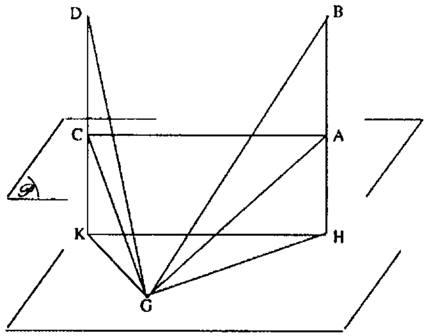
الشكل رقم (١٣)



والمقطع الذي يلي هذه المتباينة «ونسبة زاوية GBA إلى زاوية BGA... زاوية CGD إلى القائمة» لا معنى له. ونستطيع حذفه لنصل مباشرة إلى العبارة «فإذاً زاوية AGB ...».

٢) بشكل أعم، تبقى النتيجة صحيحة بالنسبة إلى أي نقطة G من الفضاء الواقع من جهة النقطة C بالنسبة إلى المستوي المنصف Q.

الشكل رقم (١٤)



لنأخذ مستوياً موازياً للمستوي $\mathscr{P}$، يمر بالنقطة G ويقطع AB في النقطة H وCD في النقطة K؛ فيكون المستوي Q هو أيضاً منصفاً للقطعة KH، ويكون لدينا بالتالي $GK < GH$.

لنفترض $AH = CK = a$، $BH = DK = b$، $KG = d_1$، $HG = d_2$، مع $d_2 > d_1$.

نستطيع مقارنة الزاويتين: $\widehat{CGD}$ و $\widehat{AGB}$. لدينا:

$\operatorname{tg}\widehat{KGC} = \frac{1}{2}\frac{a}{d_1}$، $\operatorname{tg}\widehat{KGD} = \frac{b}{d_1}$،

فينتج من ذلك:

$$\operatorname{tg}\widehat{CGD} = \frac{\dfrac{a-b}{d_1}}{1+\dfrac{ab}{d_1^2}} = \frac{(a-b)d_1}{d_1^2+ab} \qquad (١)$$

لدينا أيضاً:

$$\operatorname{tg}\widehat{AGB} = \frac{(a-b)d_2}{d_2^2+ab} \qquad (٢)$$

ونريد أن نبين:

$$\widehat{CGD} > \widehat{AGB}$$

لكن وفقاً للعلاقتين (١) و(٢) لدينا:

$$\operatorname{tg}\widehat{CGD} > \operatorname{tg}\widehat{AGB}$$

$$\Leftrightarrow (a-b)d_1\ (d^2_2\ + ab) > (a-b)d_2\ (d^2_1 + ab)$$

$$\Leftrightarrow d_2\ > d_1$$

وهذه هي الفرضية.

إذاً، ترى القطعة CD من النقطة G أكبر من القطعة AB.

[القضية ٤٩، صفحة ٣٠٧، سطر ١٥] يتناول الكندي أيضاً حالة خاصة حيث يشكل كل من القوس AED والقوس BEC نصف دائرة.

[القضية ٥٠، صفحة ٣٠٩] إن النقد الموجه هنا لأقليدس لا ينطبق على النص اليوناني، كما لا ينطبق على النص A. في النصوص G_1 وG_2 وA تؤخذ قطعتان متلاصقتان على خط مستقيم واحد، وعلى كل قطعة منهما تؤخذ القوس القابلة لزاوية حادة، في حين أن الكندي يأخذ أية قطعتين على الخط المستقيم نفسه ويستخدم نصفيْ دائرة. وفي الحالة التي لا تكون فيها القطعتان متلاصقتين (في القضية ٤٩)، نستطيع الحصول على حل أعم إذا رسمنا على كل من القطعتين AD و BC القوس القابلة لزاوية معينة α؛ فَتُقَدِّم نقطة التقاء القوسين حل المسألة. وكل قيمة من α يقابلها حل معين. أما حل الكندي فهو موافق للزاوية $\alpha = \pi/2$.

[القضية ٥٨، صفحة ٣٢٩، سطر ٢٣] في هذه القضية لا يستخدم الكندي سوى مفهوم القطر الظاهري، وفي هذه الحالة يكفي تناول قطعتين بدلاً من ثلاث. وتعطي الفرضيات مباشرة النتيجة التالية:

$\operatorname{tg}\widehat{EAD} > \operatorname{tg}\widehat{BAC}$ وكذلك $\operatorname{tg}\widehat{EAD} < \operatorname{tg}\widehat{GAF}$،

وبالتالي:

$\widehat{EAD} < \widehat{BAC}$ و $\widehat{EAD} < \widehat{GAF}$.

بسم الله الرحمن الرحيم
وبه نستعين

كتاب يعقوب بن إسحاق الكندي
في الشعاعات <الشمسية>

أطال الله بقاء أمير المؤمنين، وأدام عزه، وتأييده، وفضائله، وكمل سعادته، وأباد عدوه.

إنه ليس بصغير الخطر علمُ مخارج الشعاعات الشمسية وانعكاساتها عن الأجرام العاكسة لها، والزوايا الحادثة عنها، ونسَبُ أبعاد النقط التي تنعكس إليها من الأجرام العاكسة، في تذكية الأنفس الإنسانية، وتهذيبها، ورفع فكرها عن الأشياء البهيمية المعمية أبصارها، فإن هذه خاصة جنس العلم المحيط به، أعني... <لِما تقدَّر من تهيئة من هيأ هذه المرآة المحرقة؛ فقد يُظن أنه لا يمكن بما وضعوا من ذلك، لأنا لا نرى المرايا أبداً، إذا نحن فعلنا فعلت لهبًا إلا أن تكون قبالة الشمس. فالموضع الذي يقصد قصده، إن لم يكن بحيال شعاع الشمس، بل كان مائلاً إلى ناحية أخرى أو إلى ما خالف ذلك، فليس بممكن أن يكون بما وضعوا في هذه المرايا مع طول المسافة إلى الموضع الذي تحتاج إلى الإحراق فيه وتعظم المرآة في الجملة فقط؛ فإن ذلك يضطرّ إلى أن يكون ما وضع القدماء فيها غير ممكن. ولما لم يكن بجائز

3 بن: ابن – 7 الخطر: مهملة – 10 المعمية: كذا، والصواب «المعماة» بتشديد الميم الثانية، وفعلها «عمّى»، أو «المُعماة» بضم الميم الأولى وتسكين العين، وفعلها «أعمى» – 11 أعني: بعدها بياض في الأصل حتى نهاية الصفحة. أضفنا هذه الفقرة من ترجمة أنثاميوس العربية التي حققناها ونقلناها إلى الفرنسية لسببين: أوّلهما، أن الفقرة التالية هي نفسها في هذه الترجمة العربية، وثانيهما أن الكندي نفسه يعقب على هذه الفقرة بقوله «فهذا قول أنثاميوس» وهو صحيح. وهذا النص الذي أضفناه يسد جزءاً كبيراً من الثغرة ولكن لا يسدها كلها، فما زال ينقص ما قاله الكندي حول «خاصة جنس» علم مخارج الشعاعات الشمسية، كما زال ينقص السؤال الذي وضعه، وهو نفس سؤال أنثاميوس: كيف نصير شعاعًا شمسيًا إلى موضع يبعد عنا بما لا يقل عن ملقى سهم؟

إبطال رأي أرشميدس الحكيم الذي اتفق الجميع على الحديث به بأنه> / أحرق مراكب المحاربين له بشعاع الشمس، وجب من هذه الجهة إثبات ذلك ٣ – فإنه ممكن – باضطرار. فنحن ناظرون في ذلك بقدر ما يمكننا، واضعون لتهيئة ذلك مقدمات وأشياءَ يسيرة نحن إليها مضطرون فيما نريد من تهيئة المرايا.

فهذا قولُ أنثاميوس. وقد كان يجب على أنثاميوس ألاّ يقبل خبراً بغير برهان في التعاليم وفي صناعة الهندسة خاصة، ولا يوجب أيضًا شيئًا بغير برهان. وقد مثل كيف يعمل مرآة تنعكس منها أربعة وعشرون شعاعًا على نقطة واحدة، ولم يبيّن كيف كَوْنُ النقطة التي يجتمع عليها الشعاع على أيّ بعد شئنا من وسط سطح المرآة.

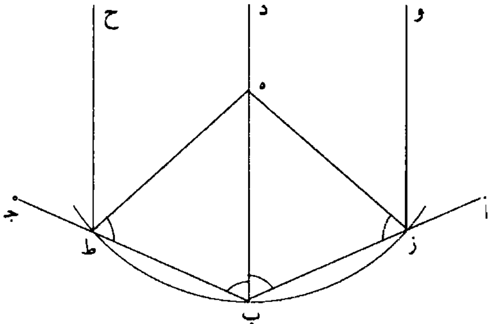
ونحن ممثلون ذلك على أوضح ما يمكننا وأقربه، ومبينوه بالبراهين الهندسية، والجهةَ الأخرى التي ذَكَرَ على أوضح ما تبلغه طاقتنا، ونتمم من ذلك ما كان ناقصًا، فإنه لم يذكر بُعداً مفروضًا، ونرتب ذلك بعد أن نأتي بموضع غايتنا نحن، ليكون فهم ما قال سهلاً على من أحب فهمه من محبي التكثير في المعلومات.

– آ – كلُّ زاوية يحيط بها سطحان، كل واحد منهما من خطوط مستقيمة، يقع فيها شعاع الشمس، ويكون الخط الذي يخرج منها إلى مركز الشمس يقسمها بنصفين، فإن الشعاع الذي ينعكس من كل نقطتين من السطحين اللذين يحيطان بالزاوية <ويكون> بعدهما من الزاوية بُعداً واحداً، ويكونان والخط الذي / قسم الزاوية بنصفين <في سطح> واحد، ٤ يلتقي بالخط الذي قسم الزاوية بنصفين على نقطة واحدة، وتكون تلك النقطة التي التقى عليها الشعاعان مركزاً لدائرة يماس خطها المحيط الزاوية والنقطتين اللتين انعكس منهما الشعاع.

مثال ذلك: أن زاوية ب أحاط بها سطحا ا ب ب جـ المستقيما الخطوط. وقد وقع شعاع الشمس الذي هو خط د ب في زاوية ب، وقسمها بنصفين، وخرج شعاعان من الشمس إلى نقطتي ز ط من سطحي ا ب ب جـ وبعدهما

4 واضعون: واصفون / لتهيئة: لتهية / وأشياء: اشيا – 5 تهيئة: تهية – 6 أنثاميوس (الأولى والثانية): انثاميوس / ألا: كتبت كما في الإملاء القديم «أن لا»، ولن نشير لهذا مرة أخرى – 13 بعد أن: بعد اذ، وهذا ممكن مع التأويل – 16 زاوية: زواية – 19 اللذين: الذين – 21 يلتقي: كتب الناسخ في الهامش أمام «واحد يلتقي»: كذا / بالخط: من الخط – 22 الشعاعان: الشعاعات / مركزاً: مركز – 24 المستقيما: المستقيم – 26 إلى: من.

من ب واحد، وهما شعاعا و ز ح ط؛ فهما متوازيان وموازيان لخط د ب. فزاوية و ز ا مثل زاوية د ب ا. وقد انعكس شعاع و ز إلى ه من خط د ب، فزاوية ه ز ب مثل زاوية و ز ا. فزاوية ه ز ب مثل زاوية ه ب ا، فخط ه ز مثل خط ه ب.



ولأن ط ب مثل ب ز، وزاويتا ب متساويتان، وخط ه ب مشترك، وزاوية ح ط جـ مثل زاوية جـ ب د، تكون زاوية ه ط ب مثل زاوية جـ ب د. / فتكون قاعدة ه ط مثل قاعدة ز ه وخط ط ه مثل خط ه ب. فخطوط ه ط ه ب ٥
ه ز متساوية، فنقطة ه مركز لدائرة تماس ط ب ز؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

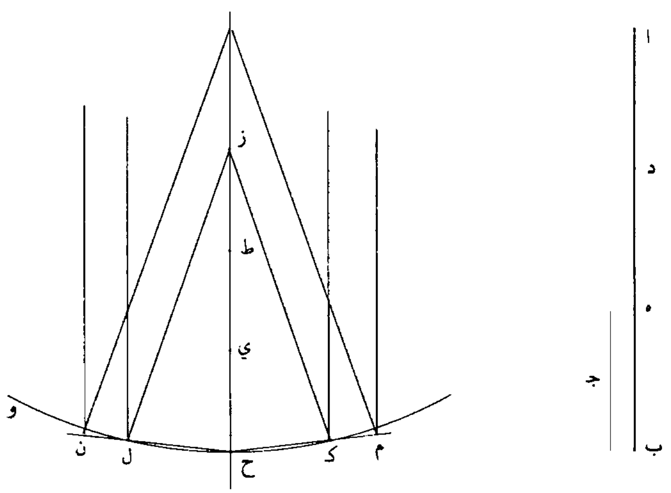
– ب – إذا أردنا أن نعمل زاوية يعكس سطحاها الشعاع على نقطة ذات بُعْد معلوم، فإنا نقسم ذلك البعد على بُعد أحد السطحين المتساويين، ونخط خطًا كيف شئنا ونقسمه بأقسام مستوية عددها عدّة ما قسم به <بعد> السطح البعد الذي أردنا أن نعكس الشعاع عليه. ثم نعمل أحد طرفي الخط الذي خططنا مركزاً لدائرة وببعد الخط. ثم نعلم على جنبي الخط على محيط الدائرة علامتين <يكون> بعدهما من طرف الخط الذي يماس محيط الدائرة بُعداً واحداً مساوياً لأحد أقسام الخط. ونخرج من كل واحدة من العلامتين إلى طرف الخط الذي ما بين <المركز و>المحيط خطًا. فتكون الزاوية مساوية / للزاوية التي يعكس سطحاها المعلومان الشعاع إلى البعد المعلوم. ٦

3 ه ز ب (الثانية): ه ط ب – 5 وخط: أضافها الناسخ في الهامش مع الإشارة إلى موضعها – 11 مستوية: من استوى، أي تماثل وتعادل، وفي موضع آخر نجد «متساوية» وهي الكلمة المستعملة – 13 نعلم: كتبها الناسخ فيما بعد «نتعلم»، والأخيرة هي لغة الكندي – 14 علامتين: علامتان.

مثال ذلك: أن نُصَيِّر البعد الذي أردنا أن نعكس إليه الشعاع بُعدَ ا ب و〈بعد〉 أحد السطحين اللذين يعكسان الشعاع خط جـ. فنخط خطًا – كيف وقع – وهو خط ز ح، ونصيّر خط جـ يَعُدّ خط ا ب بعدّة أقسام ا د د ه ه ب؛ ولتكن هذه الأقسام متساوية. ونقسم خط ز ح أقساماً متساوية بعدّة أقسام خط ا ب، وهي ز ط ط ي ي ح. ونخط على نقطة ز وببعد ز ح دائرة و ح، ونعلم على الدائرة عن جنبتي ح علامتي كـ ل ونصيّر بُعد كل واحدة منهما من ح بطول ي ح، ونصل ح بعلامتي كـ ول.

فأقول: إن زاوية ل ح كـ يعكس ضلعاها الشعاع على نقطة ز.

برهان ذلك: أن خط ح ز إذا خرج إلى مركز الشمس، كان الشعاع الذي يخرج إلى نقطتي كـ ل موازيًا لخط ز ح، فيكون إذن انعكاس الشعاع إلى نقطة ز لأنها مركز الدائرة، لأنا قد بينّا ذلك في الشكل الذي قبل هذا. وتكون زاوية ز ح كـ مثل زاوية ز كـ ح، وكذلك زاوية ز ح ل مثل زاوية ز ل ح، فجميع زاوية ل ح كـ هي التي ينعكس شعاعا ضلعيها على نقطة ز، لأنا قد بينّا في الشكل الذي قبل هذا أن نصف الزاوية التي يعكس ضلعاها الشعاع مثل الزاوية التي تحدث من الشعاع المنعكس والسطح الذي / عكسه. ٧



2 اللذين: الذين – 6 علامتي: علامتا – 8 ضلعاها: نقلها الناسخ «معلها»، ثم كتب فوقها «كذا» وأضاف في الهامش «صوابه ضلعاها»، وهو ما أخذنا به / الشعاع: أي الشعاعان الواقعان في كـ ول – 10 موازيًا: مواز.

فإذا زدنا في خطيّ ح ك وح ل حتى ينتهيا إلى نقطتي م ون على استقامة وصيّرنا كلّ واحد من خطيّ م ح ح ن مساوياً لخط جـ، انعكس الشعاع من م ومن ن على نقطة بُعدها من نقطة ح مثل خط ا ب، لأن نسبة ز ح إلى ح ك مثل نسبة ا ب إلى ح م. وزاوية ز ح ك مشتركة، والزاوية التي ينعكس منها الشعاع عند نقطة م مثل زاوية ز ح ك، وز ح ك مثل زاوية ز ك ح، فالزاوية التي ينعكس منها الشعاع عند نقطة م مثل زاوية ز ك ح. فتبقى زاوية ح ز ك مثل الزاوية التي تحدث في المثلث الأكبر الحادث من خطين، كل واحد منهما مساوٍ لبعد ا ب، ومن خط ح م المساوي لخط جـ. والمثلثان متشابهان، فنسبة ز ح إلى ح ك كنسبة ا ب إلى ح م، وح م مثل جـ، فنسبة ز ح إلى ح ك كنسبة ا ب إلى جـ.

فقد حددنا الزاوية التي تعكس الشعاع من سطحين مساوييْ الطول لخط جـ <على النقطة> التي هي <على> بُعد مساوٍ لبعد ا ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

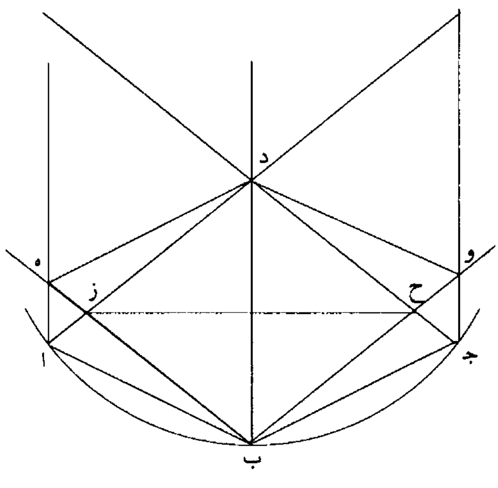
– جـ – فإذ قد تبيّن بُعد العلامة التي ينعكس عليها الشعاع الواقع على نهايات السطحين المحيطين بالزاوية المنعكس عنها الشعاع من الزاوية، فلنبيّن البعد من الزاوية التي تقاطع عليها الشعاعات كلها.

فنفرض / الزاوية زاوية ا ب جـ ونخرج منها خطاً يقسمها بنصفين وهو ٨ خط ب د. وليكن الشعاع المنعكس من علامتي ا وجـ يلتقي على علامة د. وقد تقدم إيضاح أن كل شعاع ينعكس من خط ب جـ فهو موازي خط جـ د. فليكن الشعاع السطحي المنعكس عن خط ب جـ المتوازي إليها بين سطح جـ د ه، ونفرض ب ه مثل جـ د ليكون د ه مثل ب جـ، والشعاع السطحي المنعكس من خط ا ب المتوازي إليها بين سطح د ا ب. ونفرض ا د مثل ب و ليكون د و مثل ا ب، ونتعلم حيث قاطع ا د ب ه علامة ز وحيث قاطع جـ د ب و علامة ح، ونصل ز ح. فسطحا ا ب و د د جـ ب ه متساويان متشابهان، لأن لكل واحد منهما زاوية <مساوية لزاوية> من الآخر، وضلعاً

1 ينتهيا: ينتهيان – 4 ز ح ك: ز ح ط ى – 11 مساويي: مساوي – 12 هي: كتب الناسخ فوقها حرف الخاء، ولعل الخطأ الذي يشير إليه هو عدم استقامة العبارة / مساوٍ: مساوي – 17 ا ب جـ: ا ب د – 20 إليها: لا نجد هذه الكلمة إلا في هذا الموضع وفي السطر الذي يليه مما يرجح وجود تصحيف في النص – 25 وضلعاً: وضلع.

مساويًا ضلعًا من الآخر، وزوايا كل واحد منهما المتقابلة متساوية، وكذلك الأضلاع، لأن زاوية د ا ب مثل زاوية د جـ ب وضلع ا ب مثل ضلع ب جـ، وضلع د جـ مثل ضلع د ا، فضلع كل واحد منهما مساوٍ نظيره من الآخر، وكل زاوية مساوية نظيرتها، لأنه إذا ساوت زاوية واحد من أحد السطحين المتوازيين نظيرتها من الآخر، فإن مقابلة كل واحدة مثلُها، فتبقى الباقيتان متساويتين. فالباقيتان من أحد السطحين مساويتان الباقيتين من الآخر.

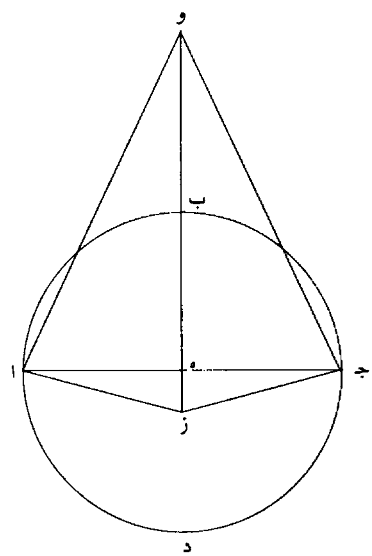
وخط / ب د قطر لكل واحد من سطحي ا ب د و جـ ب د ه، فزاوية ه ب د ٩
مثل زاوية جـ د ب. وقد تقدم في غير هذا الشكل من كتابنا أن خطوط د ا د ب د جـ متساوية، فإذن خط ا د مساوي خط د ب، فمثلث ا د ب متساوي ‹الأضلاع› ومساوٍ مثلث جـ د ب، فزاوية جـ د ب مثل زاوية ا د ب. وقد اتضح أن زاوية جـ د ب مثل زاوية ه ب د، فضلعا ز ب ز د متساويان، ولشكل ب ز د ح أربعة أضلاع متوازية، فخط ب ز مساوي د ح المقابل له، ود ز مساوي ب ح المقابل له، فأضلاعه متساوية. فخط ز ح قطر للشكل المتوازي / الأضلاع المحيط به ز د ح ب، فهو يقطع قطر ب د الآخر ١٠
بنصفين.



1 مساويًا: مساوي – 4 واحد: واحدًا – 6 متساويتين: متساويتان – 7 سطحي: سطح – 10 متساوي: مساوي / ومساوٍ: ومساوية.

وخط ز ح هو الذي تقاطع عليه الشعاعات المتوازية الخارجة من خط ا ب والشعاعات المتوازية الخارجة من خط ب جـ. فالشعاعات الخارجة من سطحي ا ب ب جـ تكون على نصف البعد الذي تنعكس عليه شعاعات نهاية السطحين، أعني الشعاعين المنعكسين من ا ومن جـ.

– د – فقد تبيّن كيف نعمل المرآة المُحْرِقة على أي وجه شئنا، لأنا إذا اتخذنا مسطرة ذات زاوية متساوية الخطين المحيطين بالزاوية كمسطرة ا ب جـ د، ينعكس بنهايتها الشعاع – كنهايتي ا وجـ – على علامة معلومة البعد من الزاوية كعلامة د، فقوّمنا بها سطح وجه مرآة مساوية القطر لطول المسطرة، بأن نصيّر الزاوية في مركز المرآة وندير المسطرة وزاويتها راكزة في مركز المرآة حتى تُرى المرآة، بأن تماسها المسطرة مماسة لا خلل / فيها، ١١ فإن الشعاعات المنعكسة عن جميع سطح المرآة تتقاطع على نصف البعد؛ فنصف البعد أشد مواضع الشعاعات المنعكسة عن المرآة حراً، فهو أشدها إحراقاً.

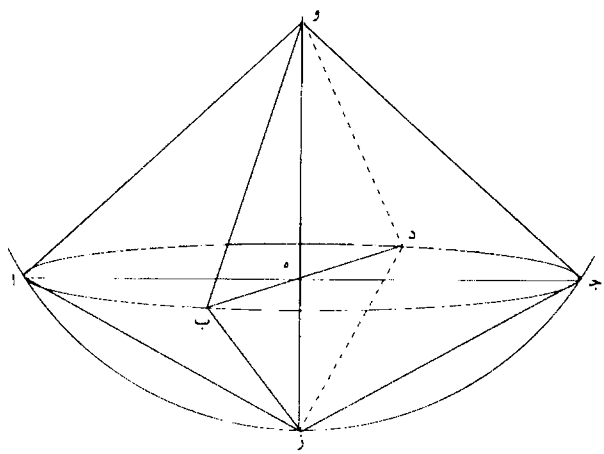


3 شعاعات: كتبها الشعاعات ثم صححها – 7 ا ب جـ د: ا ب ر جـ / ينعكس: تنعكس.

وبهذه الحيلة يسهل علينا الإحراق على أي بُعد شئنا، لأن هذه المسطرة أسهل اتقانًا من غيرها مما عملنا أو عمل أحد من قدماء اليونانيين ممن انتهى إلينا خبر عمله.

وليكن القول أوضح: نفرض المرآة مستديرة كدائرة ا ب جـ د، ومركزها نقطة ه، ولنتوهمها ذات عمق إلى نقطة ز، ويكون خط ز ه عمودًا على ا جـ، ويكون كلُّ خطين يخرجان من نقطة ز إلى طرفي قطر من أقطارها يحيطان بزوايا متساوية كخطي ا ز جـ ز. فإنا إذا قوّمنا سطح باطن المرآة بالمسطرة التي قدمنا وصفها كما ذكرنا حتى تدور فيها دورًا مستويًا وترسم أطراف المسطرة دائرة كدائرة ا ب جـ د، خرج من الدائرة شعاعات تلتقي على نقطة واحدة، لأنه يمكن أن نخرج من طرفي كلّ قطر يقع فيها خطي ا ز ز جـ إلى نقطة ز، ويحدث منهما ومن القطر مثلث مساوٍ لتثليث المسطرة. فمن كل خطين من الخطوط التي تخرج من ز إلى طرفي القطر ينعكس شعاعان. والخطوط تخرج بلا نهاية. فالشعاعات متصلة على دائرة اتصالاً مستديرًا. والبرهان على اجتماع الشعاعات في نقطة واحدة بالتدبير الذي قدمنا. وذلك ما أردنا أن نبيّن. / ١٢

وأيضًا نجد نسبة بُعد العلامة التي ينعكس عليها الشعاع من أعظم دائرة في المرآة بجهة أسهل مما قدمنا.



4 كدائرة: كداير – 7 بزوايا: كتبها الناسخ «بزولها» ثم كتب فوقها «كذا» – 8 تدور: يدور – 10 يقع: يقطع – 17 هذا الشكل ليس في المخطوطة.

برهان ذلك: أن نخرج عمود ز ه على استقامة ونخرج الشعاع المنعكس من آ إليه حتى يلتقيا، ونتعلم حيث التقيا علامة و. وزاويتا ه قائمتان، وزاوية ا ز ه مشتركة لمثلثي ا ز و ا ز ه، فتبقى زاوية ه و ا مثل زاوية ه ا ز. فالمثلثان ‹ا ز ه ا و ه› متشابهان، فنسبة ز ه إلى ه ا كنسبة ا ه إلى ه و. فالذي يكون من تضعيف ا ه بذاته مساوٍ للذي يكون من تضعيف ز ه بـ ه و. فالذي يحصل من قسمة الذي يجتمع من تضعيف ا ه بذاته على ز ه مساوي ه و. فإذن بُعد العلامة التي ينعكس عليها الشعاع من أعظم دائرة في المرآة من مركز المرآة مساوٍ للذي يحصل من قسمة المجتمع من تضعيف نصف قطر أعظم دائرة تقع في المرآة بذاته على العمود الخارج من مركز المرآة إلى قطر أعظم دائرة تقع في المرآة مزيداً عليه هذا العمود؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

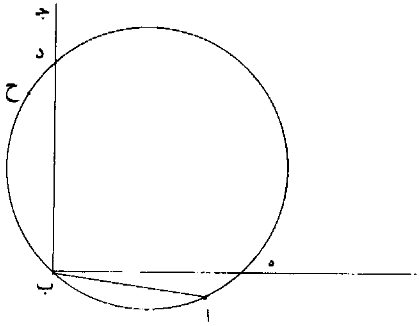
- ه - الشعاع الواقع على سطح المرآة المقعرة السطح تقعيراً كُرياً والشعاع المنعكس منها يقطعان أعظم دائرة في كرة تلك المرآة المتممة لها بخطين متساويين.

المثال: أن نفرض المرآة المقعرة تقعيراً كريًا بقوس ا ب، والشعاع الواقع على علامة ب خط جـ ب، ونتمم أعظم دائرة تقع في كرة مرآة ا ب، وهي دائرة ا ب ح، ونرسم حيث / قاطعت خط ب جـ علامة د، ونخرج من ١٢
علامة ب خطًا يوتّر من دائرة ا ب ح د قوسًا، ويساوي خط د ب وهو خط ب ه.

فأقول: إن شعاع جـ د ب ينعكس من علامة ب إلى علامة ه.

برهان ذلك: أن الشعاع ينعكس من الأجرام على زوايا متساوية، فزاوية ح ب د التي يحيط بها وتر ب د وقوس ح ب مساوية زاوية ه ب ا التي

2 حتى يلتقيا: أضافها الناسخ في الهامش مع الإشارة إلى موضعها هكذا «حتى يلتقيان» - 3 ه ا ز: ا ز ه - 5 مساوٍ: مساوي / بـ ه و: به - 10 مزيداً: مزاداً، على أنها اسم مفعول من «أزاد» ولا وجود لهذا الفعل في الفصحى، ولقد وجدناه من قبل في ترجمة قسطا بن لوقا لكتاب ذيوفنطس في المسائل العددية، فلعله من استعمال المولدين - 12 المنعكس: للمنعكس - 16 ا ب ح: ا ب ج - 17 ا ب ح د: ا ب جـ د - 20 فزاوية: وزاوية - 21 ح ب د: جـ ب د / ب د: جـ ب / ح ب: ب د / مساوية: مساوي / ه ب ا: ب ه ا.



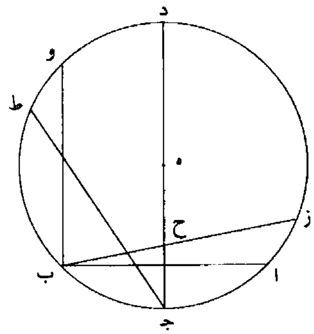
يحيط بها وتر ه ب وقوس ب ا، ‹فقوسا ب د ب ه متساويتان›. ولأن قطعتي الدائرة – اللتين يوترهما خطا د ب وب ه – متساويتان، ‹فالخطان› متساويان؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– و – الشعاع المنعكس عن سطح المرآة الكرية التقعير لا يمرّ على مركز كرتها منه أبداً إلا الشعاع الواحد الواقع على مركز المرآة، أعني الذي هو قطر دائرتها، فإنه وحده ينعكس على ذاته.

المثال: أن نفرض المرآة الكريّة التقعير قوس ا ب ومركزها جـ، ونتمم أعظم دائرة تقع في كرتها وهي دائرة ا ب جـ د، ونتعلم / عند مركز الدائرة ١٤ ه، وقطر الدائرة الخارج من علامة جـ يمرّ على مركز الدائرة اضطراراً، ونفرض د نهايته الأخرى، فالقطر جـ ه د. ونفرض الشعاع الخارج من الشمس إلى مرآة ا جـ ب المقابلة للشمس إلى علامة ب منها خط ب و الموازي لقطر جـ د، لأن الشعاعات تخرج من الشمس إلى الأجرام متوازية السموت كما بيّنا، ونخرج من ب خطاً آخر مساوياً خط ب و ‹و›يقطع الدائرة، وهو خط ب ز، ونتعلم حيث قاطع خط جـ ه علامة ح. ونخرج من جـ التي هي مركز المرآة خطاً إلى الدائرة – كيف وقع – لا يمر على المركز الذي هو ه، وهو خط جـ ط.

1 ه ب: جـ ب / ولأن: لأن – 2 خطا: خطي / متساويتان: المتساويان – 3 متساويان: متساويتان – 10 الأخرى: الاجراه، كتب الناسخ فوقها كلمة «كذا» / فالقطر: القطر – 13 مساوياً: مساوي.

فأقول: إن ب ز الذي هو الشعاع المنعكس من علامة ب لا يمرّ على ه ولا غيره من الشعاعات إلاّ شعاع د جـ وحده، فإنه ينعكس على ذاته.



برهان ذلك: أن شعاع و ب ينعكس على زوايا متساوية، فخط ب ز هو إذن الشعاع الذي انعكس من ب. لأن و ب مساوي ب ز، فزاوية ز ب جـ مساوية زاوية و ب ط، وو ب أصغر من القطر لأنه موازٍ له، فخط ب ز أصغر من القطر، وكل خط قطع الدائرة ومرّ على مركزها فهو قطر، فخط ز ب لا يمرّ على ه لأنه ليس بقطر، بل أصغر من القطر.

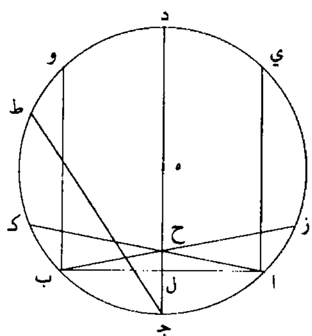
فكل شعاع خرج من الشمس فقطع الدائرة بخط أصغر من القطر، انعكس شعاعه بخط يقطع الدائرة أقصر من القطر لأنه مساوي الخط القاطع للدائرة / الخارج من الشمس إلى المرآة. ١٥

والقطر لا يمكن أن يُعكس الشعاع الخارج من الشمس عليه إلى المرآة على غير ذاته، لأنه إن انعكس على غير ذاته لم يرجع على ه بل على غيرها، كخط جـ ط. فإن كان خط جـ ط شعاعًا انعكس من جـ، فإن زاوية د جـ ا مساوية زاوية ط جـ ب؛ ود جـ ب مساوية د جـ ا، وط جـ ب بعض من د جـ ب، فـ ط جـ ب البعض مثل د جـ ب الكل؛ هذا خلف لا يمكن. فليس ينعكس الشعاع من جـ إلا ‹على› خط جـ ه د، وليس شعاع آخر ينعكس من مرآة ا جـ ب يمرّ على ه غير الشعاع الخارج من جـ؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

4 ب: ب ا / ب ز: د ز – 5 و ب ط: و ب ك – 14 ط جـ ب (الثانية): ط جـ ا – 16 إلا: الى / جـ ه د: جـ ه ز – 17 ا جـ ب: ا د ب.

وهنالك نبيّن أن الشعاع المنعكس عن ا يقطع جـ ه على علامة ح أيضاً، كخط ا ح كـ، لا يمكن غير ذلك.

البرهان: ا ي مساوٍ ب و لأنهما متوازيان وموازيان خط د جـ، فبعدهما من خط د جـ بُعدٌ واحدٌ، وهما واقعان على خط ا ب على زوايا قائمة، فـ د جـ يفصل ا ب على زوايا قائمة. ونتعلم حيث قاطع د جـ خط ا ب علامة ل، فبُعد ا ل مساوٍ بُعد ب ل، وكـ ا مساوٍ ي ا، فزاوية كـ ا جـ مثل زاوية ي ا ز؛ وي ا ز مثل و ب كـ، فهي إذن مثل ز ب جـ. وتُلقى زاوية ل ب جـ وزاوية ل ا جـ، فتبقى ز ب ل مساوية كـ ا ل. وعمود ح ل مشترك وزاويتا ل قائمتان، فضلعا ح ا ل ا مساويان ح ب ل ب، فـ ح ا مثل ح ب.



فإن كان ا ح / ليس جزء خط ا كـ المستقيم، فهو يمرّ أسفل منه أو فوقه. ١٦
فإن مرّ فوقه، فزاوية ح ا جـ أعظم من زاوية كـ ا جـ، فهي إذن أعظم من زاوية ح ب جـ؛ وقد كان تقدم أنها مثل ح ب جـ؛ هذا خلف لا يمكن. فليس يمكن أن يكون خط ح ا فوق كـ ا ولا تحته، لأن زاوية كـ ا جـ إذن تكون أصغر من زاوية ح ب جـ؛ وقد كان تقدم أنها مثلها. فليس ح ا فوق كـ ا ولا أسفل منه، فهو عليه؛ فـ ح ا جزء كـ ا. فخطا ا كـ ب ز يتقاطعان على ح؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

4 بُعد واحد: بعدا واحدا – 6 كـ ا جـ: كـ ا د – 7 ز ب جـ: ز ب – 8 ل ا جـ: ل ا د / ز ب ل: ز د ل / كـ ا ل: ا ل – 9 ح ب: ح ل – 10 ا كـ: ا د – 11 كـ ا جـ: ح ا جـ – 14 كـ ا: د ا – 15 ب ز: ا ز.

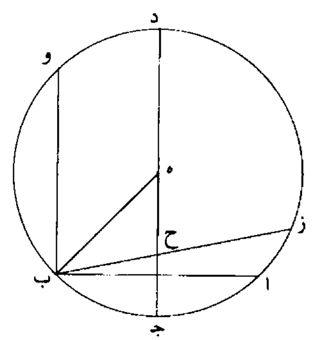
وهنالك تبيّن أن كل شعاعين انعكسا من علامتين بُعدهما من مركز المرآة بُعدٌ واحدٌ، يلتقيان على علامة واحدة دون المركز من القطر الخارج من مركز المرآة إلى مركز الدائرة العظمى من الكرة المتممة لها؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– زَ – نريد أن نَحُدّ العلامة التي يمرّ عليها الشعاع المنعكس من علامة مفروضة من المرآة المقعّرة السطح تقعيراً كرياً من الخط الخارج من مركز المرآة إلى مركز الدائرة العظمى من الكرة المتممة لها.

<لتكن> دائرة ا ب د، وليكن القطر الخارج من علامة جـ المارّ على مركز الدائرة خط جـ ه د والمركز منه علامة ه. ونريد أن نحدّ العلامة التي يمرّ عليها الشعاع المنعكس من علامة ب من خط جـ ه.

فنخرج من ب خطًا يقطع دائرة ا ب د موازيًا خط جـ د وهو خط ب و، ونصل ب ه / ونقيم على علامة ب من خط ب ه زاوية مساوية و ب د وهي ١٧ زاوية ز ب جـ. ونتعلم حيث قاطع خط ب ز خط جـ ه علامة ح.

فأقول: إن ح هي العلامة التي يمرّ عليها الشعاع المنعكس من علامة ب من خط جـ ه.

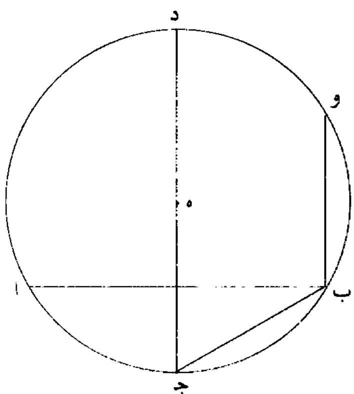


1 تبيّن: نبين – 2 بُعد واحد: بعدا واحدا – 3 العظمى: العظيمة، واقترح الناسخ في الهامش تصحيحها – 9 جـ ه د: كتبها أوّلاً جـ د، ثم أضاف الهاء فوق السطر – 11 موازيًا: موازي – 12 و ب د: و ر د.

البرهان: أن الشعاع ⟨ز ب⟩ المنعكس من ب ⟨من الشعاع⟩ الخارج من الشمس ⟨و⟩هو شعاع و ب. لأنه موازي د ه جـ، وخط ب ه نصف قطر ⟨الدائرة الذي يمرّ بـ ب، فـ⟩الزاوية التي يحيط بها قوس و ب وخط ب ه مساوية الزاوية التي يحيط بها قوس جـ ب وخط ب ه. فنرفع الزاوية التي يحيط بها خطا و ب ب ه والزاويةَ التي يحيط بها خطا ه ب ب ز، فتبقى التي يحيط بها قوس و ب وخط ب و مساوية التي يحيط بها قوس جـ ب وخط ب ز، فالشعاع المنعرج عن علامة ب المارّ على خط ب ح ز ⟨يمرّ بنقطة ح على خط جـ ه⟩؛ فالعلامة التي يمرّ عليها من خط جـ ه هي علامة ح؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ح – نريد أن نَحُدّ المرآة المقعرة السطح تقعيراً كريًا التي تنعكس شعاعات إلى مركزها.

فنقول: إنها هي المرآة التي أعظم قوس فيها – أعني المارّة على مركزها – هي ثلث أعظم دائرة تقع على الكرة المتممة لها./



المثال: أن نفرض ⟨أن أعظم قوس في⟩ المرآة – ثلث الدائرة العظيمة ١٨
الواقعة على الكرة المتممة لها – قوس ا ب ومركزها علامة جـ، والدائرة

5 خطا: خطي / و ب ب ه: و ب ه / خطا: خطي / ه ب ب ز: ه ب ز – 7 المنعرج: وهي لا ترد إلا هذه المرة بمعنى المنعكس، والأصل يدلّ على ميل كما يقول ابن فارس في مقاييس اللغة. ويقال للطريق إذا مال: انعرج – 8 يمرّ: تمر.

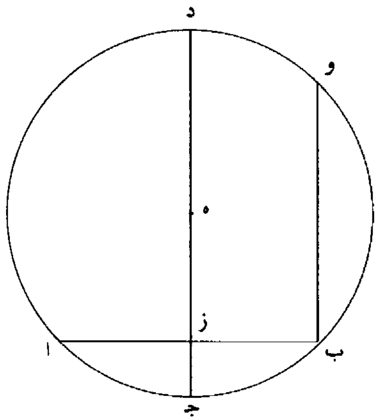
العظمى المتممة لها دائرة ا جـ ب د ومركزها ه والقطر الخارج من مركز المرآة خط جـ ه د، والشعاع الخارج من الشمس إلى ب خط و ب، وفُصِل ب جـ.

فأقول: إن شعاع و ب المنعكس من ب يقع على جـ لأنه مارّ على خط جـ ه د.

برهان ذلك: أن و ب موازي جـ د، وقوس ب جـ سدس دائرة ا ب جـ، فخط ب جـ وتر سدس الدائرة، فقوس د و سدس الدائرة، فتبقى قوس و ب سدس الدائرة، فخط و ب مساوي خط ب جـ. فشعاع و ب ينعكس من ب على علامة جـ. وكذلك كل علامة بُعدها من علامة جـ كبُعد ب من جـ تعكس الشعاعات على جـ، فـ جـ إذن تحرق؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ط – المرآة المقعرة السطح تقعيراً كرياً [هي] التي ‹قوسها› ربع أعظم دائرة تقع على الكرة المتممة لها، تعكس الشعاع من أوسع دائرة فيها على العلامة المشتركة لقطر أوسع دائرة فيها وقطر الدائرة العظمى المتممة كرتها.

مثال ذلك: أن نفرض ‹قوس› المرآة قوس ا ب ومركزها جـ وأعظم دائرة / تقع على الكرة المتممة لها دائرة ا ب د، ومركز الدائرة ه، وقطرها جـ ه د، ١٩ وأحد الشعاعات الخارجة من الشمس إلى أوسع دائرة فيها شعاع و ب. ونصل ا ب، ونرسم حيث قاطع جـ د علامة ز.



12 تعكس: فتعكس / أوسع: كتبها أعظم ثم حذف «عظم» وزاد «وسع» – 17 جـ د: جـ ب.

فأقول: إن شعاع و ب ينعكس من ‹ب› على علامة ز.

برهان ذلك: أن ‹قوس› ا ب ربع الدائرة، فقوس جـ ب ثمن الدائرة، وخط و ب موازي خط جـ د، فقوس د و ثمن الدائرة، فقوس و ب ربع الدائرة، فوتر و ب مساوي ا ب. فالشعاع ينعكس من ب على خط ب ز ا.

وبهذا التدبير يتبيّن أنه ينعكس من ا على ز أيضًا، ‹و›من جميع الدائرة التي مركزها ز، ويمرّ على ا ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– ي – كل شعاعين خارجين من الشمس إلى نهايتي قطر من أقطار المرآة الكرية التقعير، فإن الخطوط التي تصل بين الأطراف المتبادلة – أعني التي أحدها العلامة التي هي مشتركة للمرآة والشعاع، والآخر العلامة المشتركة للشعاع الآخر والدائرة العظمى من الكرة المتممة للمرآة – تمرّ على مركز الدائرة العظمى من الكرة المتممة للمرآة.

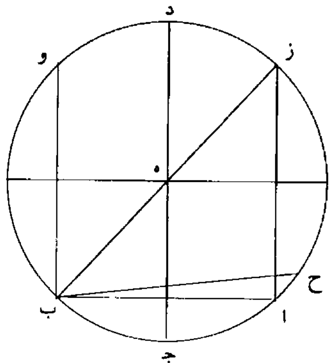
مثال ذلك: أن نفرض ‹قوس› المرآة قوس ا ب ومركزها / جـ، والدائرة ٢٠ العظمى من الكرة المتممة لها دائرة ا جـ ب د، وقطر هذه الدائرة الخارج من نقطة ه جـ ه د، ومركز الدائرة ه، وقطر المرآة خط ا ب. والشعاعان الخارجان من الشمس إلى ا وإلى ب شعاعا و ب ز ا.

فأقول: إن الخط بين علامتي ب ز يمرّ على المركز.

برهان ذلك: أن و ب وز ا متوازيان وبُعدهما من خط جـ ه د بُعد واحد، وقوس ز د و مساوية قوس ا جـ ب، وقوس و ب مساوية قوس ز ا، فقوس ز د و ب كلها مساوية قوس ب جـ ا ز كلها، فخط ب ه ز قطر لدائرة ا جـ ب د، فهو يمرّ على ه التي هي مركز الدائرة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

وهنالك نبيّن أن القوس التي توتر الزاوية التي يحيط بها الشعاع الخارج من الشمس إلى المرآة والمنعكس من المرآة ضعفُ القوس التي تقطع المرآة على مركزها، وهي قطعة من أعظم دائرة تقع على الكرة المتممة للمرآة.

3 جـ د: جـ كـ – 6 ز: جـ / ويمرّ على ا ب: المقصود هنا الشعاع المنعكس من ا أو من ب، أما الشعاعات المنعكسة على النقط الأخرى فتمرّ على ز فقط – 7 إلى: التي / نهايتي: كتبها «نهاية» ثم صححها عليها – 8 الأطراف: أطراف – 13 ا جـ ب د: ا جـ ز د / الخارج: الخارجه – 17 بُعد واحد: بعدا واحدا – 19 مساوية: مساوي.



برهان ذلك: أن نفرض الشعاع المنعكس من علامة ب خط ب ح. وقوس ا جـ ب مساوية قوس ز د و لأنهما يقعان على خطوط متوازية وهما من دائرة واحدة، وقوس ز ح مثل قوس ز د و، فقوس ح ز و / ضعف قوس ز د و، فهي ضعف قوس ا جـ ب المارة على جـ التي هي مركز المرآة وهي من ٢١ دائرة ا جـ ب د، فزاويتا ز ب ح ز ب و متساويتان.

ويُلقى قوسا ز ح ز و، فيبقى قوسا ح ب و ب متساويتين. فالزاوية التي يحيط بها خط ح ب وقوس ح ب مساوية للزاوية التي يحيط بها خط و ب وقوس و ب، فخط ب ح هو الشعاع المنعكس من علامة ب الذي مخرجه من الشمس ينتهي إلى علامة ب ويقطع دائرة لخط و ب؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

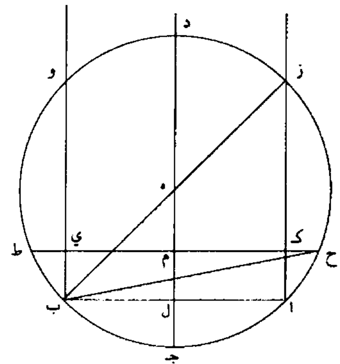
وهنالك نبيّن أن القوس الفاصلة للمرآة بنصفين وبقسمين متساويين المارة على مركزها كقوس ا جـ ب إذا كانت معلومة النسبة إلى دائرتها، كانت القوس التي يوترها الشعاع الخارج من الشمس إلى أحد نهايتي قطر المرآة معلومة النسبة إلى دائرتها.

برهان ذلك: أن نفرض قوس ا جـ ب معلومة. فلأن قوس و ب تتمة نصف دائرة ا جـ ز و، تكون قوس و ب معلومة، ولذلك يكون وتر ب و معلوماً،

2 مساوية: مساوي – 3 ز د و: ز د / فقوس: وقوس – 5 ز ب و: د ب و – 6 ويلقى: والمقصود ويلقى قوسا ز ح ز و من نصفي الدائرة ز ح ب و ز د ب على التوالي / فيبقى قوسا: فيبقى قوس / متساويتين: متساويتان – 8 ب ح: ب حـ – 9 لخط: يعني «على خط» – 12 كقوس: كقوسي – 13 أحد نهايتي: احديها هي.

فزيادة قوس و ب على قوس ا ب معلومة؛ وقوس ح ا جـ ب مساوية قوس و ب، فقوس ح ا إذن معلومة؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

وهنالك نبيّن كيف نَحُدّ العلامة التي يقاطع الشعاع المنعكس من علامة ب عليها قطر جـ ه د.



برهان ذلك: أن نعيد الشكل كهيئته / ونخرج من ح خطًا إلى ط من ٢٢ دائرة ا جـ ب د موازيًا خط ا ب، ونتعلم – حيث قاطع خط و ب – علامة ي، وحيث قاطع خط ا ز علامة ک، وحيث قاطع خط جـ د خط ا ب علامة ل، وحيث قاطع خط ب ح خط جـ د علامة م. فقوس ب ط معلومة، لأن قوس ا ح معلومة، وهما متساويان لأن خطي ا ب ح ط متوازيان. فقوس ح ا ب ط معلومة، فوترها الذي هو خط ح ط معلوم، ففضله على وتر ا ب معلوم، فنصفه الذي هو ح ک معلوم، وخط ک ي معلوم لأنه مثل خط ا ب، فكل خط ح ي معلوم، وخط ح ب معلوم وهو يقوى على خط ح ي وخط ب ي، فخط ب ي معلوم؛ وزاويتا ي ح ب م ب ل متساويتان لأنهما متبادلتا خط ح ب الواقع على خطي ا ب ح ط المتوازيين، وأيضًا لأن القسي الموترة لها متساوية، أعني قوسي ا ح ب ط وزاويتي ح ي ب م ل ب

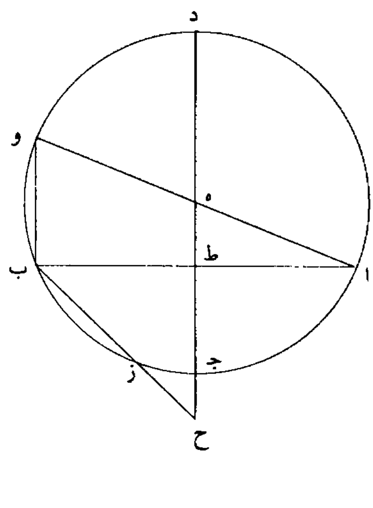
1 على قوس: أضاف قوس في الهامش مع العلامة المعروفة لبيان موضعها – 9 خطي: خطا – 14 متبادلتا: متبادلتي / المتوازيين: المتوازيان – 15 قوسي: قوس / ا ح ب ط: ا ح ب ط / وزاويتي: وزاويتا / ح ي ب: ح ي د.

متساويتان لأنهما قائمتان، فتبقى زاوية ي ب ح مثل زاوية ل م ب، فمثلثا ح ي ب ب ل م / متشابهان. فنسبة خط ب ل المعلوم إلى خط ل م المجهول ٢٣ كنسبة ح ي المعلوم إلى ي ب المعلوم، فـ ل م إذن معلوم. فنسبة، إذن، قطر المرآة ونصف زيادة الخط الموتر لقوس الشعاع المنعكس القاطع للمرآة وزيادة هذه القوس على قوس المرآة جميعًا، إلى الخط المتمم لقوة الشعاع المنعكس من علامة بَ القاطع المرآة، هي كنسبة نصف قطر المرآة إلى العمود الخارج من العلامة القاسمة لقطر المرآة بنصفين إلى العلامة المشتركة لهذا العمود وللشعاع المنعكس من نهايات أقطار المرآة،؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يا – نريد أن نعمل مرآة تعكس الشعاع إلى الجهة المقابلة للشمس، أعني الجهة التي المرآة فيما بينها وبين الشمس.

فنقول: إنها المرآة المقعرة السطح تقعيراً كريًا التي قوسها الفاصلة لها على مركزها بنصفين متشابهين، أكثر من ثلث وأقلّ من نصف الدائرة العظمى الواقعة على الكرة المتممة لكرتها.

〈فلتكن〉 دائرة ا ب د ومركز المرآة جـ ومركز الدائرة ه وقطر الدائرة الخارج من جـ خط جـ ه د وحيث قاطع ا ب جـ د علامة ط. ونفرض قوس ا جـ ب أكثر من ثلث دائرة ا ب د وأقلّ من نصفها.



6 بَ: أضافها الناسخ فوق السطر مع إشارة الصواب – 11 التي: الى.

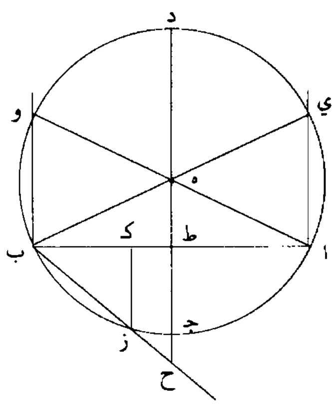
فأقول: إن الشعاع ينعكس من علامة ب إلى علامة ح من / الخط الخارج ٢٤ من جـ عن الدائرة المتصل بخط د ه جـ على استقامة.

برهان ذلك: أن الشعاع الخارج من الشمس إلى علامة ب موازي خط جـ د، فالشعاع المنعكس من ب يقطع الدائرة بخط مساوي خط و ب؛ فلنفرضه خط ب ز، وقوس ب جـ أكثر من سدس الدائرة لأن قوس ا جـ ب أكثر من ثلث الدائرة. ود و مثل ب جـ، فيبقى و ب أقلّ من سدس الدائرة، وب ز المساوي و ب أقل من سدس الدائرة، فخط ب ز ‹لا› يقع على د جـ وجـ ح، فإذا خرج على استقامة لاقى خط د ح لأن زاويتي ب ط جـ ط ب ز أصغر من قائمتين، لأن ط ب ز أصغر من قائمة وب ط جـ قائمة، فهما يلتقيان على علامة ما، فلتكن ح. فالمرآة التي هي أكثر من ثلث وأقلّ من نصف دائرتها تعكس الشعاع إلى الجهة المقابلة للشمس، أعني الجهة التي المرآة فيما بينها وبين الشمس؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

نريد أن نحدّ بُعد علامة ح من علامة ط، الذي هو العمود الواقع على العلامة القاسمة قطر المرآة بنصفين والمنتهي إلى نهاية الشعاع المنعكس من علامة ب.

فنعيد الشكل، ونخرج أيضًا الشعاع الخارج من الشمس إلى علامة ا وهو خط ا ي، ونصل ب ي، فيمرّ على ه المركز كما قدمنا، ونخرج من ز عموداً على خط ب ط وهو عمود ‹ز ك›.

فأقول: إن ط ح يكون معلوماً.



4 جـ د: د / يقطع: يقتطع – 6 ود و: ف ز و – 8 ب ط جـ: ب ز ط.

برهان ذلك: أن قوس ا جـ ب معلومة، فقوس ي د و المساوية لها معلومة، فتبقى قوسا ا ي و ب معلومتين، فقوس و ب معلومة / وقوس ب ز المساوية ٢٥ لها معلومة، فوتر ب ز معلوم لأن قوسه معلومة، فنصفه معلوم، فخط ب ط معلوم. وقوس جـ ز ب معلومة وقوس ب ز معلومة، فتبقى قوس جـ ز معلومة، فنصف وتر ضعفها معلوم؛ ونصف وتر ضعفها هو خط ط كـ، فخط ط كـ معلوم. فيبقى خط ب كـ معلومًا، وب ز يقوى على ب كـ وكـ ز، فـ كـ ز معلوم، وخط كـ ز موازي خط ط ح، فمثلثا ب ط ح ب كـ ز متشابهان، فنسبة ب ط إلى ط ح كنسبة ب كـ إلى كـ ز؛ ونسبة ب كـ إلى كـ ز معلومة، فنسبة ب ط إلى ط ح معلومة، فإذن نسبة بعد العلامة التي يقع عليها الشعاع المنعكس من علامة ب – وما كان بعده من مركز المرآة كبعد ب – من العلامة التي تفصل قطر المرآة بنصفين، إلى نصف قطر المرآة، كنسبة العمود الخارج من العلامة التي قاطع عليها الشعاع المنعكس من ب – وما كان بعده من مركز المرآة كبعد ب – القوس القاطعة المرآة بنصفين متشابهين ويوترها قطرها، المشترك نهاية له وللشعاع المنعكس، إلى هذا القطر، إلى الخط المتمم لقوة الشعاع، أعني الذي يقوى الشعاع عليه / وعلى العمود ٢٦ الخارج من الشعاع ‹إلى قطر المرآة›؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

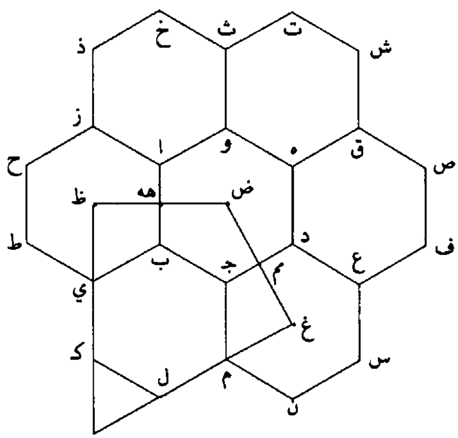
فإذا أردنا عمل هذه المرآة، خرقنا فيها خرقًا تنفذ الشعاعات منه في وسطها وتحيط بالخرق دائرة مركزها جـ، أعني مركز المرآة، وينفذ أكثر من جـ ز بشيء يسير لتنفذ الشعاعات منه كما ذكرنا.

فإذ قد قدمنا من موضوعاتنا ما فيه كفاية في علم هذه الصناعة، فلنذكر ما وعدنا ذكره مما قال أنثاميوس في ذات الأربعة والعشرين شعاعًا على أقصد المسالك إلى علم ذلك، وإيضاحه بتوفيق ذي القدرة.

– يب – نريد أن نعمل مرآة ينعكس منها أربعة وعشرون شعاعًا إلى علامة واحدة.

1 معلومة: معلوم / المساوية لها معلومة: المساوي له معلوم – 2 معلومتين: معلومان / معلومة: معلوم – 4 جـ ز ب: جـ ب ز / معلومة (الأولى والثانية): معلوم – 6 ب كـ: ب ط / معلومًا: معلوم – 8 ب كـ (الثانية): ب ط – 9 ط ح: ح – 17 الشعاعات: للشعاعات – 18وتحيط: تحيط – 21 أنثاميوس: اثناميوس / والعشرين: وعشرين.

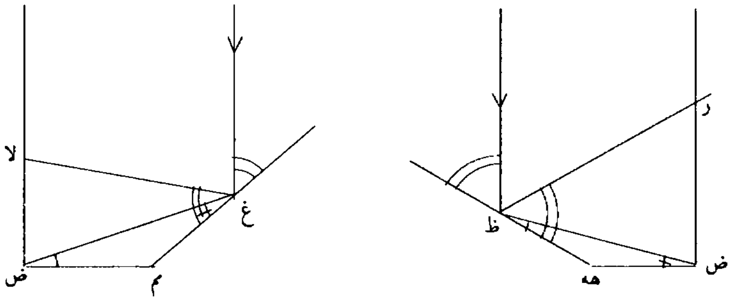
فليكن المثال لذلك أن نفرض سطح المرآة مسدس ا ب جـ د ه و المتساوي الأضلاع، المتساوي الزوايا، ولتكن المرآة مستوية السطح، أي يمكن أن نخرج في أي موضع منها خطًا مستقيمًا. ونقيم على ضلع ا ب مرآة مسدسة شبيهة بها وأصغر منها شيئًا، متصلة بها ببرماذجات لنفرج الزاوية الحادثة عن المرآتين كيف شئنا، وهي مرآة ا ب ي ط ح ز، وعلى خط ب جـ مثلها وهي مرآة ب ي ك ل م جـ، وعلى خط جـ د مثلها وهي مرآة ‹جـ م ن س ع د؛ وعلى خط د ه مثلها وهي مرآة› د ع ف ص ق ه؛ وعلى خط ه و مثلها وهي مرآة ه ق ش ت ث و، وعلى خط و ا مثلها وهي مرآة و ث خ ذ ز ا، ونقيم على كل واحد من خطوط ز ح ح ط ط ي ي ك ك ل ل م م ن ن س س ع ع ف ف ص ص ق ق ش ش ت / ت ث ث خ خ ذ ٢٧ ذ ز مرايا شبيهة بها وأصغر منها ‹ومتصلة بها› ببرماذجات أيضًا. فلكل مرآة على ضلع من أضلاع مرآة ا ب جـ د ه و شعاع، ولها هي شعاع؛ وهي سبع مرايا ولكل مرآة على ضلع من أضلاع المرايا الست المحرقة ‹مرآة شبيهة› بمرآة ا ب جـ د ه و؛ ‹فيكون› ثمانية عشر مرآة ‹لكل منها› شعاع. /



4 ببرماذجات: ببرمادجات / لنفرج: لتفرج – 5 ا ب ي ط ح ز: ا ب ي ط ح جـ ز / ب جـ: ب د – 7 د ع ف ص ق ه: د ع ف ص و ه – 8 ه ق ش ت ث و: ه ق س ب ب و – 9 و ث خ ذ ز ا: و ب حـ د ز ا / ز ح: د ح – 11 ذ ز: مطموسة / مرايا شبيهة بها: مطموسة – 12 من أضلاع مرآة: مطموسة / شعاع (الأولى): وشعاع / وهي: وهو – 14 ثمانية: مطموسة.

٢٨ فالشعاعات خمسة وعشرون شعاعًا. فإذا نحن صيّرنا زوايا المرايا الثماني عشرة متساوية، اجتمعت هي وشعاعات المرايا الست على بُعد واحد من كل واحدة من المرايا الست. وإذا نحن أملنا واحدة من المرايا الست بعد ذلك حتى يلتقي مجمع شعاعها وشعاعات المرايا الثلاث التي على أضلاعها وشعاع مرآة ا ب جـ د ه و، ثم أملنا جميع الخمس الباقية حتى تصير زوايا الست التي تلي الوسطى متساوية، التقت الشعاعات الخمسة والعشرون على نقطة واحدة.

برهان ذلك: أن نخرج من مركز مرآة ا ب جـ د ه و، وهو عند نقطة ض عموداً إلى نقطة ر، ونخرج من مركز مرآة ا ب ي ط ح ز - وهو عند علامة ظ - خطًا إلى مركز ض، ومن مركز مرآة جـ م ن س ع د - وهو عند علامة غ - خطًا إلى مركز ض.



والزاوية التي على خط ا ب مساوية الزاوية التي على خط جـ د، والمرايا الست متساوية، فالعمود الخارج من ظ إلى هه من خط ا ب وقاطع ا ب بنصفين مساوي العمود الخارج من غ إلى م من خط جـ د وقاطع خط جـ د بنصفين، لأن أعمدة الأشكال المتشابهة المتساوية متساوية. والأعمدة <الخارجة من ض على أضلاع> ا ب جـ د ه و متساوية، فالخط الخارج من ض

1-2 الثماني عشر: الثمانية عشر - 2 هي: أي الشعاعات - 6 والعشرون: وعشرون - 8 ض: ص - 9 ر: ز - 10 ظ: ط / ض: ص / جـ م ن س ع د: جـ م ز س ع د - 11 غ: ع / ض: ص - هذان الشكلان لإيضاح برهان الكندي ولا وجود لهما في المخطوطة - 12 جـ د: جـ ه - 13 ظ: ط / هه: كتب الناسخ فوقها «كذا» - 14 م: مر. ثم كتب فوقها كلمة «كذا» / جـ د: جـ ه - 15 والأعمدة: وأعمدة - 16 ا ب جـ د ه و: ا ب جـ د ه و، والمقصود «والأعمدة الخارجة من نقطة ض إلى هذه الخطوط» / ض: ص.

وقاسم اب على نقطة هه بنصفين مساوي الخط الخارج من ض وقاسم جـ د على نقطة م بنصفين، فخط ظ ض إذن مساوي خط غ ض لأن مثلث ظ ض هه مساوي مثلث غ ض م، وكل زاوية / من أحدهما مساوية ٢٩ نظيرتها من الآخر. فزاوية ظ ض هه مساوية غ ض م. فإذا ألقيتا من زاويتي ر ض هه لا ض م القائمتين بقيت زاويتا ظ ض ر غ ض لا متساويتين. وبهذا التدبير نعلم – إذا رفعنا زاويتي ض ظ هه ض غ م المتساويتين – أن زاويتي ض ظ ر لا غ ض الباقيتين متساويتان، فتبقى زاويتا ظ ر ض غ لا ض متساويتين. فقد تبيّن أن زوايا مثلثي ر ظ ض لا غ ض مساوية كل واحدة نظيرتها، وساوى ضلعان من أحدهما ضلعين من الآخر، فإذن الضلع الثالث من أحدهما مساوي الضلع الثالث من الآخر، فـ ظ ر مساوي غ لا. فالشعاعات الخارجة من مراكز مرايا غ ض ظ، تلتقي على نقطة ر.

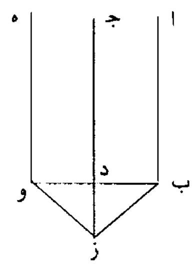
وبهذا التدبير تبيّن أن كل الشعاعات التي تخرج من جميع المرايا تلتقي على نقطة ر؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يجـ – ومن بعد ذلك نقدم بيان أن كل ثلاثة أعمدة على خط، متساوي أبعاد بعضها من بعض، يخرج الأوسط منها عن الخط على استقامة في الجهة الأخرى، ثم يوصل طرفه الخارج عن الخط بطرفي العمودين المكتنفين له المماسين للخط، فإن الزاوية التي يحيط بها العمود الأول والخط الذي يصل طرف العمود الأول بطرف العمود الأوسط الخارج عن الخط، مثل الزاوية التي يحيط بها العمود الثالث، والخط الذي يصل طرف العمود الثالث بطرف العمود الأوسط الخارج عن الخط.

1 هه: كتب الناسخ فوقها كلمة «كذا» / ض: ص / جـ د: جـ ز – 2 م: كتب فوقها كلمة «كذا»/ ظ ض : ط ط م / غ ض: ع م / لأن مثلث: ومثلث – 3 ظ ض هه: ط م هه / غ ض م: ع ض م – 4 ألقيا: التقتا – 5 ر ض م: ر ص م / بقيت: بقيتا / ظ ض ر: ط ص و / غ ض ل: ع ص ر / متساويتين: متساويتان – 6 زاويتي: زاويتا / ض ظ هه: ص ط هه / ض غ م: ص ع م / المتساويتين: المتساويتان – 7 ض ظ ر: ص ط د / لا غ ض: ع ص ن / متساويتان: متساويتين / ظ ر ض: ط ز ص / غ لا ض: ع د ص – 8 متساويتين: متساويتان / ر ظ ض: ب ط ص / لا غ ض: ز ع ص – 9 فإذن: فإذا و – 10 ظ ر: ط ز / غ لا: ع ز – 11 غ ض ظ: ع ص ط / ر: ز – 13 ر: ز.

المثال: إن أعمدة ا ب جـ د ه و / الثلاثة على خط ب د و. وقد أخرج ٢٠.
الأوسط منها الذي هو جـ د في الجهة المخالفة لجهة جـ إلى نقطة ز، ووصل ز ب ز و.

فأقول: إن زاوية ا ب ز مساوية ه و ز.

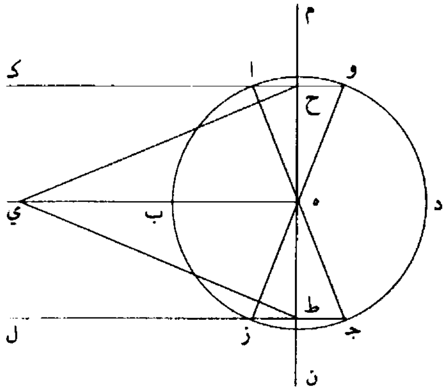


البرهان: أن جـ د عمود على ب و، فزوايا د الأربع قائمة. وليكن د ز مشتركًا ‹لـ›و ز د د ز ب، ‹فيكون ب د› مثل و د [د ر]، فخط ب ز مثل خط و ز، فزاوية و ب ز مثل زاوية ب و ز، وزاوية ا ب و مثل زاوية ه و ب. والمتساوية إذا زيد عليها متساوية صارت متساوية. فزاوية ا ب ز مثل زاوية ه و ز؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

– يد – وقد يمكننا أن نعمل مرآة ينعكس منها – كم شعاع شئنا – ‹على نقطة واحدة› من العمود الخارج من مركزها أتقن مما عمل أثناميوس سديداً.

فليكن المثال: أن نخط دائرة ا ب جـ د، ونخط فيها شكلاً ذا أضلاع مستقيمة متساوية بعدّة ما نريد من الشعاعات التي نريد أن نعكسها على نقطة واحدة. وليكن عدد الأضلاع زوجًا، فليكن ما نريد من عدد الشعاعات أربعة وعشرين شعاعًا، فيكون أضلاع الشكل المخطوط في الدائرة أربعة وعشرين ضلعًا متساوية أحدها خط ا و ومركز الدائرة ه. /

4 ه و ز: ه د ر – 5 عمود: عمودا / د: ب / د ز: د ر – 6 و ز د: و ب د / د ز ب: د ر / ب ز: حـ ز – 12 سديداً: شديدا، والمقصود اتقانًا سديداً – 16 وعشرين: وعشرون.



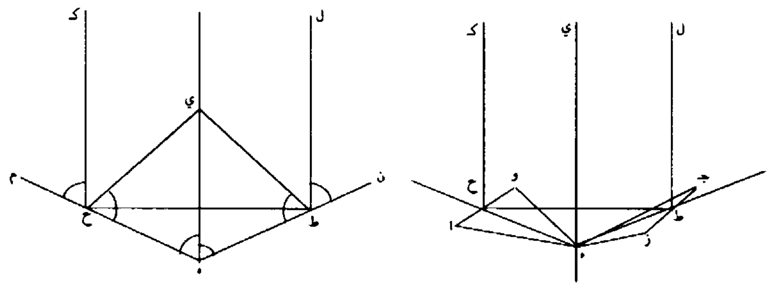
ونفصل ا و بنصفين بنقطة ح، ونخرج من ح خطًا إلى ه، ونصل ا ه ه و، ٣١ ونخرج ا ه على استقامة إلى نقطة جـ من دائرة ا ب جـ د، وخط و ه على استقامة إلى نقطة ز من دائرة ا ب جـ د، ونصل جـ ز، ونخرج ح ه على استقامة من ه إلى ط من خط جـ ز. فزاوية ا ه و مثل زاوية جـ ه ز و<مثلثا> ا ه و وز ه جـ متساويان فـ ا و وجـ ز متساويان. ومثلث ا ه و مساوي مثلث جـ ه ز وشبيه به، فزوايا ا و ز وا جـ ز ووا جـ <وو ز جـ> متساوية. وخط ا جـ قد وقع على خطي ا و جـ ز، فصيّر الزاويتين المتبادلتين متساويتين، فخطا ا و جـ ز متوازيان؛ وكذلك خط ه ط الواقع على خطي ا و جـ ز المتوازيين زواياه المتبادلة متساوية./ وزاوية و ح ط قائمة لأن ح ه عمود على ا و، ٣٢ فزاوية ح ط ز قائمة وه ط عمود على جـ ز. فالأضلاع المتساوية التي تقع في الدائرة <و>الأعمدة التي تخرج منها إلى مركز الدائرة متساوية، فـ ه ح ه ط متساويان لأنهما عمودان خرجا من خطي ا و جـ ز المتساويين في الدائرة إلى ه التي هي مركز الدائرة. وح ه ط إذاً هي على <خط يمرّ على> المركز، فهو خط القطر. فإذن، إذا توهمنا ه التي هي المركز ذات عمق، أعني أن يكون خطا ح ه ه ط يحيطان بزاوية ح ه ط، وكل مثلثين من المثلثات

3 ز، د – 5 متساويان (الأولى): متساوية وهو جائز أيضًا على اعتبار أن أقل الجمع اثنان / جـ د: جـ ز – 6 فزوايا: فزاويا / و ا د: و جـ ا – 12 مركز: كتبها «المركز» ثم حذف «الـ».

المتقابلة التي أعمدتها على قطر واحد من الدائرة تحيط أعمدتها بزاوية على ه، وكل واحدة من الزوايا مساوية زاوية ح ه ط، انعكست الشعاعات من سطح كل مثلث على نقطة واحدة. وكان شكل المرآة مركبًا من مثلثات متساوية السوق، متساوية القواعد، حادة الزوايا التي تحيط بها السوق ومتساويتها، ويكون مجتمع زوايا مثلثاتها الحادة على نقطة من محور المرآة، وقواعد مثلثاتها هي الأضلاع المحيطة بالمرآة ويكون جملة زوايا مثلثاتها الحادة أقلّ من أربع زوايا قوائم.

والتدبير في برهان انعكاس الشعاعات من سطح كل مثلث على نقطة واحدة كالتدبير في الشكل الذي قبل هذا. وذلك أنا إذا أخرجنا من نقطة ه خطًا يكون عموداً على قطر المرآة كخط ه ي، وكانت النقطة التي يقع عليها الشعاع المنعكس من نقطة ح هي نقطة ي، فإن ي هي النقطة التي يقع عليها الشعاع المنعكس من نقطة ط؛ لأن الشعاعات تقع من الشمس في كل وقت على الأجرام / بخطوط متوازية وتنعكس على زوايا متساوية كما قد ٣٣
أوضحنا قبل. فالشعاع الخارج من الشمس إلى نقطتي ح ط <هو> شعاعا كـ ح ل ط، فهما متوازيان. فإذ قد انعكس شعاع كـ ح من نقطة ح إلى نقطة ي، فإنا إذا أخرجنا خط ه ح على استقامة من نقطة ح إلى نقطة م وخطًا ه ط على استقامة من نقطة ط إلى نقطة ن، فإن زاوية م ح ط مساوية

2 انعكست: جواب الشرط في قوله «إذا توهمنا» / مثلث: مثلثه – 4 مركبًا: مركب – 11-12 نقطة ح ... المنعكس من: أضافها الناسخ في الهامش مع الإشارة إلى موضعها في النص – 12 النقطة: النقط – 14 فالشعاع: اسم جنس لمطلق الشعاعات / ح ط: ح ط 15- كـ ح: ط ح – 17 ه ط: ح ط / ن: ز – هذان الشكلان لإيضاح برهان الكندي ولا وجود لهما في المخطوطة:



زاوية ن ط ح. وأيضًا ي ه، الشعاع الخارج من الشمس موازي كـ ح ل ط، فإذن ي ه عمود على قطر المرآة، فـ كـ ح ل ط عمودان على قطر المرآة وليسا بعمودين على خطي ح ه ه ط المحيطين بزاوية ه.

وقد بيّنا في صدر كتابنا هذا أن كل ثلاثة أعمدة على خط متوازية، متساوي أبعاد بعضها من بعض، ثم زيد في الأوسط زيادة ما علىً استقامة من جهة الخط الذي قامت عليه الأعمدة، ثم أخرج من أطراف الأول والثالث التي على خط واحد إلى طرف الأوسط الزائد على ذلك الخط خطان، فإن الزاوية التي يحيط بها الأول والخط الذي يصل الأول بطرف الأوسط مثل الزاوية التي يحيط بها الثالث والخط الذي يصل الثالث بطرف الأوسط. فزاوية كـ ح ه إذن مساوية زاوية ل ط ه، وتبقى زاوية كـ ح م مساوية زاوية ل ط ن.

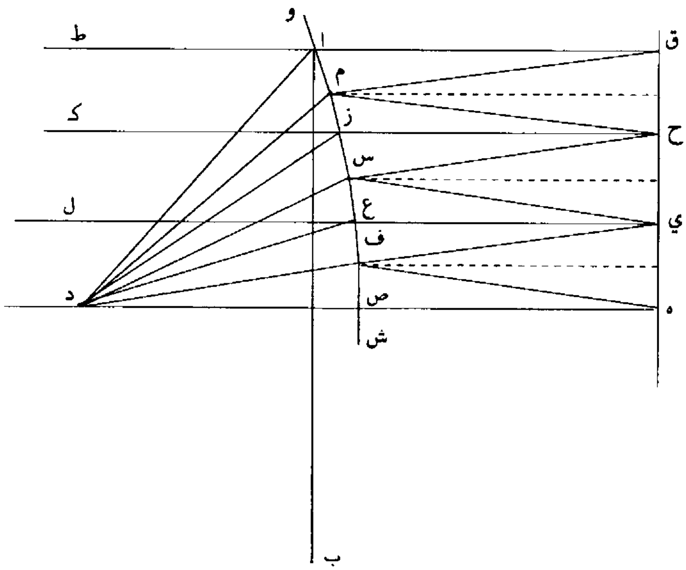
فشعاع ل ط ينعكس من نقطة ط على زاوية مساوية ل ط ن، وهو ينعكس إذن على زاوية مساوية كـ ح م؛ وكـ ح م مساوية ي ح ه / ٢٤ فشعاع ل ط ينعكس من نقطة ط على زاوية مثل زاوية ي ح ه، فهو إذن يقع على نقطة ي؛ لأن زاوية ي ط ه مثل زاوية ي ح ه، لأن ح ه ط ه متساويان وي ه عمود على الخط الذي يصل ح ط على استقامة ويفصله بنصفين، فهو يقسم زاوية ح ه ط بنصفين. وخطا ح ه ط ه متساويان، وي ه مشترك، فخطا ي ط ي ح متساويان، ومثلثا ي ح ه ي ط ه متساويان، وكل زاوية مثل نظيرتها، ‹فزاوية ه ط ي مثل زاوية ه ح ي. فالشعاعان المنعكسان يلتقيان على نقطة ي من خط ي ه›.

‹يه› ‹ليكن خط ا ب قطر المرآة التي نريد أن نعملها. ونخرج خط د ه الذي يقسم خط ا ب بنصفين عموداً عليه، ولتكن د النقطة التي نريد أن ينعكس الشعاع عليها. ونخرج خط ا ط موازيًا لخط د ه، ونخرج ط ا على استقامته إلى نقطة ق، ونصيّر بعد ا ق مساويًا بعد ا د، ونخرج من ق خط

1 ن ط ح: ي ح ه / كـ ح: ط ح – 2 كـ ح: ط ح / عمودان: عمودين – 4 صدر: انظر شكل يجـ، ويقصد بالصدر هنا ما سبق ما نحن فيه – 5 متساوي: مساوي – 7 خطان: خطين – 9 الثالث (الأولى والثاني): الثاني / كـ ح ه: د ح ه – 11 ل ط ن: ا ط ز – 18 مشترك: مشتركه / ي ح ه: ز ح ه – 19 نظيرتها: يعقبها بياض في الأصل حتى آخر الصفحة.

ق ه موازيًا لخط ا ب. ونقسم خط ق ه بأقسام متساوية، ولتكن ق ح ح ي ي ه. ونخرج خطي ح ك ي ل موازيين لخط د ه. ولنقسم زاوية ق ا د بنصفين بخط و ا م، ونصير م على الخط الذي يقسم خط ق ح بنصفين ويوازي خط ق ط، ونصل م ق م ح م د. ولنقسم زاوية ح م د بنصفين بخط م ز س، ونصيّر س> / على الخط الذي يقسم خط ح ي بنصفين ويوازي خط ح ك، ٢٥
ونصل س ح س ي س د، ونتعلم حيث قاطع خط م س خط ح ك علامة ز، ونصل ز د، ونقسم زاوية ي س د بنصفين بخط س ع ف. ونصيّر ع على خط ي ل وف على الخط الذي يقسم خط ي ه بنصفين ويوازي خط ي ل، ونصل ع د ي ف ه ف ف د، ونقسم زاوية ه ف د بنصفين بخط ف ص.

فأقول: إن شعاع ط ا ينعكس من نقطة ا إلى نقطة د، وشعاع ك ز أيضًا ينعكس من نقطة ز إلى نقطة د، وشعاع ل ع أيضًا ينعكس من نقطة ع إلى نقطة د.



7 ي س د: ح س د / بخط: فخط – 9 ونصل: وم ل / ي ف: ي و / ه ف: ه و / ف د: و د / ه ف د: ه و د / ف ص: و م – 10 ك ز: د ر – ليس هذا الشكل في المخطوطة. ولعله كان في الصفحة التي كانت تتضمن ما فُقد من الشكل.

برهان ذلك: أن خط م ا و قد قسم زاوية ق ا د بنصفين وقاطع خط ق ا ط على نقطة ‹آ›، فزاوية و ا ط مساوية زاوية ق ا م، وزاوية ق ا م مساوية زاوية م ا د، فزاوية و ا ط مساوية زاوية م ا د، فشعاع ط ا منعكس من نقطة آ إلى نقطة د. وأيضًا، خط م ز س قد قسم زاوية ح م د بنصفين وقاطع خط ح ز ك على نقطة ز، فزاوية م ز ك مساوية زاوية ح ز س، وزاوية ح ز س مساوية زاوية س ز د، فزاوية م ز ك مساوية زاوية س ز د، فشعاع ك ز ينعكس من نقطة ز إلى نقطة د.

وأيضًا، خط س ع ف قد قسم زاوية ي ع د بنصفين وقاطع خط ي ع ل على نقطة ع، فزاوية س ع ل مساوية زاوية ي ع ف، وزاوية ي ع ف مساوية زاوية ف ع د، فزاوية س ع ل مساوية / زاوية ف ع د، فشعاع ٣٦
ل ع ينعكس من نقطة ع إلى نقطة د.

وأما شعاع د ص، فلأن الزاويتين اللتين عن جنبتيه متساويتان، أعني زاويتي ف ص د ش ص د، لأنه عمود على خط ف ش، فإنه ينعكس من علامة ص إلى نقطة د، فهو ينعكس على ذاته.

وبهذا التدبير نحدّ السطوح الباقية التي ينعكس منها الشعاع الذي في جهة ص ب، فتكون مسطرة هذه المرآة ذات زوايا متساوية ومساوية زوايا على حسب خطوط و آ م م ز س س ع ف، ومتساوية أضلاعها؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.

آخر الكتاب والحمد لله وحده، وصلى الله على سيدنا محمد وآله وصحبه، وسلم تسليمًا كثيرًا.

نجزت كتابة ما وجدته من هذا الكتاب في أول الثلث الثاني من ليلة يسفر صباحها عن يوم الثلاثاء سابع ذي القعدة الحرام سنة تسعين وثماني مائة للهجرة المطهرة، بمنزل سكني تجاه المدرسة الكاملية، دار الحديث النبوي، على قائله أفضل الصلاة والسلام، بخط بين القصرين من القاهرة المعزية حماها الله من الآفات والمحن، وجعلها دار إسلام على طول الزمن. وحسبنا الله ونعم الوكيل.

1 ق ا د: و ا د / ق ا ط: و ا ط – 2 ق ا م (الأولى والثانية): و ا م – 4 منعكس: وهو صحيح إلا أننا نعتقد أنها كانت في الأصل «ينعكس» – 5 ح ز ك: ح ز د – 7 ك ز: د ز / ز: د / د: ز – 8 س ع ف: س ع ر – 9 ي ع ف (الأولى والثانية): ي ع و – 10 ف ع د (الأولى والثانية): و ع د – 12 د ص: ب ص / متساويتان: متساويتين – 13 ش ص د: س ص د / ف ش: فس – 17 حسب: نسب / م ز س: ر س / س ع ف: ع ص و / متساوية: ومساوية.

ملاحظات إضافية

[القضية ٣، صفحة ٣٧١، السطر ١٥] إذا تناولنا شعاعين شمسيين، مهما كانا، أحدهما ساقط على AB والآخر على BC، فإن الشعاعين المنعكسين الموافقين لهما يتقاطعان داخل معيّنٍ، لكنهما لا يتقاطعان بالضرورة على GH. لكن، إذا انعكس شعاع ساقط على AB، ماراً بنقطة I من GH، فإنه يوجد شعاع ساقط على BC بحيث إن شعاعه المنعكس يمر أيضاً بالنقطة I [انظر الفصل الثالث من هذا الكتاب، القضية ٣، الشكل رقم (٣ ـ ٣) ص ١٥٠].

[القضية ٤، صفحة ٣٧٥، السطر ١٢؛ صفحة ٣٧٧، السطر ١٣]:

(١) في الواقع، إن المستويين المماسين للسطح المخروطي، المُحْدَثين على امتداد الخطين المستقيمين GA وGC، يشكلان زَوْجِيَّ سطح، ويكون GF هو منصف زاويته المستوية AGC. لذلك، فإن الشعاعين الشمسيين الموازيين للخط المستقيم EG والواقعين في A وC، ينعكسان نحو النقطة F.

(٢) إن الزاوية EFA لا تساوي الزاوية EGA، والمثلث AGF ليس له زاوية قائمة. هنا يبدو أنه يوجد التباس بين النقطة F التي هي مركز الدائرة المارة بالنقاط A وG وC وبين النقطة F′ المقابلة قطرياً للنقطة G على هذه الدائرة. والمثلثان AGE وAFE ليسا متشابهين، لكن المثلثين AGE وAF′E هما متشابهان، ولدينا $EA^2 = GE.EF'$، فينتج من ذلك:

$$EF' = \frac{AE^2}{GE}.$$

ونستنتج من ذلك:

$$GF = \frac{GE+EF}{2} = \frac{AE^2+GE^2}{2GE}.$$

لنلاحظ أن الكندي يؤكد خلال هذه القضية [صفحة ٣٧٥، السطر ٢ ـ ٣] أنه اطلع على أعمال اليونانيين في المرايا المحرقة وأنه كتب بنفسه حول هذا الموضوع. وأغلب الظن أنه يشير بذلك إلى مؤلفه في **عمل المرايا المحرقة**. [صفحة ٣٧٥، السطر ٢].

[القضية ٥، صفحة ٣٧٧، السطر ١٥] يستخدم الكندي، دون أن يقول ذلك الواقع الذي مفاده أن الشعاع المنعكس يقع في المستوي المحدَّد بالشعاع الساقط وبالناظم على المرآة، أي في المستوي القطري الذي يتضمن الشعاع الساقط. ويأخذ الكندي الدائرة الكبرى من هذا المستوي.

[القضية ٦، صفحة ٣٨١، السطر ٣؛ صفحة ٣٨٣، السطر ٩]:

(١) يتعلق الأمر بزوايا محددة بوترٍ وبالقوس المُوَتَّرِ به؛ إن هذا التساوي بين الزوايا ينتج من قوانين الانعكاس، وكذلك هي حال كل تساوٍ يرد بعده في هذه القضية.

(٢) إن هذا يَفْتَرِض أن الشعاع المنعكس AK يمر في النقطة H، وهذا ما يريد الكندي برهانه. لنلاحظ أن هذا المقطع لا يدخل في الإثبات الذي ينهيه الكندي بواسطة استدلالٍ خُلْفِيٍّ.

[القضية ٧، صفحة ٣٨٥، السطر ٨؛ صفحة ٣٨٧، السطر ٧]:

(١) يتعلق الأمر هنا بالزاوية المشكلة من الخط المستقيم GB مع القوس GC من جهة، وبالزاوية المشكلة من الخط المستقيم FB مع القوس BFD من جهة أخرى. يؤدي تساوي هاتين الزاويتين إلى انعكاس الشعاع FB وفق BG.

(٢) الزاويتان الباقيتان متساويتان بموجب البناء، ونستنتج من ذلك أن الزاويتين FBE وEBG المتممتين لهاتين الزاويتين، هما متساويتان. لنلاحظ أن موقع النقطة H سيدرس في القضية ١٠.

[القضية ٩، صفحة ٣٩١، السطر ٦] إن الشعاع المنعكس في A أو في B يكون على الخط المستقيم AB؛ والشعاع المنعكس في أية نقطة أخرى من الدائرة يلتقي بالخط المستقيم AB في النقطة G.

[القضية ١٢، صفحة ٤٠٣، السطر ١١؛ صفحة ٤٠٧، السطر ٧]:

(١) في مركز كل مرآة يسقط شعاع شمسي يقابله شعاع منعكس. ويدرس الكندي هذه الأشعة المنعكسة.

(٢) يحذف الزاويتين $WZ'E_e$ و$WO'M_m$ على التوالي من الزاويتين المتساويتين بموجب قوانين الانعكاس $RZ'E_e$ و$L_aO'M_m$ (لأن زاويتي السقوط في Z' وO' متساويتان). R وL_a هما على التوالي نقطتا التقاء الشعاعين المنعكسين في Z' وفي O' مع العمود على المستوي ABCDEF في النقطة W.

[القضية ١٤، صفحة ٤١٣، السطر ٢؛ السطر ٧]:

(١) إن الأشعة الساقطة في نقاط مثل H وI، أي في منتصف كل من القطعات المتساوية الأربع والعشرين، تنعكس نحو نقطة واحدة.

(٢) على الشكل المسطح يكون مجموع الزوايا ذات الرأس E مساوياً لأربع زوايا قائمة. وإذا لم تعد النقطة E في مستوي الضلع، بل «على عمق معين» فإن أي مثلث مثل AFE سيكون له ارتفاع HE أكبر من الارتفاع الذي يكون له في الشكل المستوي. لذا فإن كل زاوية من الزوايا مثل AEF ستصبح أصغر وسيكون مجموع هذه الزوايا أقل من أربع زوايا قائمة.

[القضية ١٥، صفحة ٤١٩، السطر ١٥؛ السطر ١٧]:

(١) كل خط مستقيم من الخطوط FAM، MGS، SOP يحدد مرآة يكون مستويها عمودياً على مستوي الشكل. وتسمح العملية نفسها بإكمال البناء وصولاً إلى النقطة B، فيكون لدينا بالتالي سبعة أشعة منعكسة تتقاطع في النقطة D.

(٢) تقترن بالخط المستقيم FAM على سبيل المثال ثلاث زوايا متساوية هي FAI وDAM وMAQ. وهاتان الزاويتان الأخيرتان لهما ضلع مشترك هو AM والضلعان الآخران AQ وAD هما متساويان.

‹ فقرة في أعظام الأشكال الغائصة في الماء ›

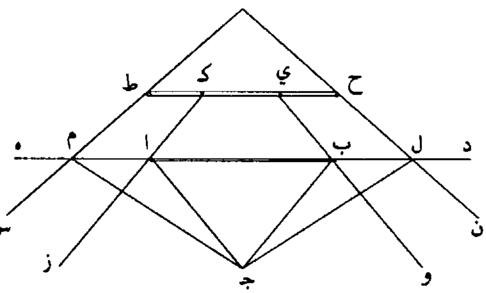
قال: أعظام الأشكال الغائصة في الماء كلما غاصت ترى أعظم. ١-٢-ظ

برهان ذلك: أنه قد تبيّن في أوائل *المناظر* من كتبنا أن الشعاع ينعكس على زوايا متساوية وأن الأجسام ذوات المستشف ينعكس عن سطوحها الشعاع على زوايا متساوية ويمضي في الماء من المنعكسات التي تصير قائمة على وجه الماء على استقامة القائمة على وجه الماء.

فليكن خط ا ب على وجه الماء وموضع الناظر علامة جـ. ونفرض بعدي جـ ب جـ ا متساويين وسطح الماء خط د ب ا ه غير محدود النهايات. فعظم ا ب يحسّ بالشعاع الذي نهايتيه جـ ب جـ ا وشعاع [جـ ا] جـ ب [ا] ينعكس إلى علامة و وتصير زاوية د ب و مساوية لزاوية جـ ب ا، وشعاع جـ ا ينعكس من ا إلى ز وتصير زاوية ز ا م مساوية لزاوية جـ ا ب. فإن غاص جسم ا ب فصار في موضع خط ح ط وشعاع و ب الواقع على سطح الماء الذي هو خط د ه، يمضي على استقامة و ب من ب في الماء، فيقع على علامة ي من خط ح ط. وكذلك خط ز ا يمضي في الماء على استقامة من خط ز ا من علامة ا، فيقع على علامة ك من خط ح ط. فإذاً / شعاع و ب وشعاع ز ا لا يقعان على علامتي ح ط. فإذاً ١-٣-و إنما يقع على علامتي ح ط شعاعان يخرجان من جـ يحيطان بزاوية أعظم من زاوية ا جـ ب وهما شعاعا جـ ل جـ م.

2 أوائل المناظر من كتبنا: غيّر ابن عيسى هذه العبارة بالتالية «فيما قدمنا»، وهذه هي طريقته عندما يستعير نصوص الكندي وغيره / كتبنا: كتب «كتابنا»، ثم أثبتها فوقها – 11 لزاوية: زاوية – 12 الماء: كتب «ا ب د»، ثم أثبت الصواب فوقها – 13 ب في: باقي – 15 إنما: ام.

فإن شعاع جـ ل ينعكس في جهة و إلى ن، ويمضي على استقامة في الماء ‹من ل› من خط ن ل حتى يمرّ على ح. وكذلك شعاع جـ م ينعكس من م في جهة ز إلى علامة س ويمضي على استقامة س م من م في الماء إلى علامة ط. فإذن شعاعا جـ ل جـ م الماضيين في الماء من ل إلى ح ومن م إلى ط، إذ هما محيطان بزاوية ل جـ م التي هي أعظم من زاوية ا جـ ب، يُرى بهما عظم ا ب إذا صار راكبًا بخط ط ح أعظم من خط ا ب الذي في سطح الماء الذي هو د ه؛ وذلك ما أردنا أن نبيّن.



1 و إلى ن: الى ز اد ن – 4 ط: ک، وكتب بعدها «(ب ك) م ه ط» وكتب فوق (ب ك): «بويله ده اوقون بلور»، وهذا يعني «كما أنها يمكن أن تقرأ هكذا» / شعاعا: شعاعي / ل: كتب بعدها «(اصله هكذا)».

< فقرة في المرآة المقعرة التي قوسها ثلث دائرتها >

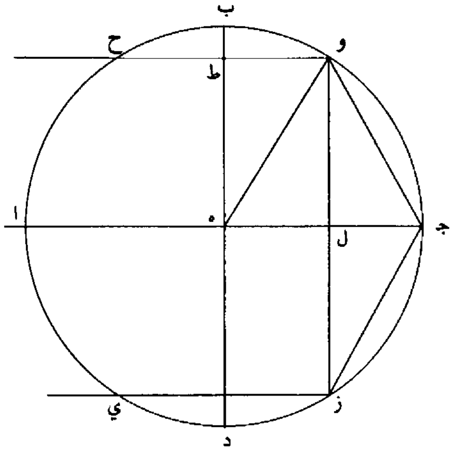
قال: كل مرآة قوسها ثلث دائرتها، أعني بقوسها الخط الفاصل لها ا - ٣ - و بنصفين على نقطة مركز المرآة، وهي القوس التي يوترها قطر دائرة المرآة، فإنها تعكس الشعاع الأول من نهايتيها على مركز المرآة، أعني / النقطة التي بُعدها من محيط المرآة بعد واحد، إذا كانت مسطرتها قطعة من دائرة. وأما آخر شعاع ينعكس، وهو الذي ينعكس من ا - ٣ - ظ مركزها، فإنه يقع على مركز الدائرة التي مسطرتها قطعة منها.

مثال ذلك: أن نفرض دائرة ا ب جـ د الدائرة التي مسطرة المرآة ثلثها. ونخرج فيها خطي ا جـ ب د يتقاطعان على زوايا قائمة على مركز الدائرة عند علامة ه. ونفرض المسطرة قوس و ز ونفرض علامة جـ تفصلها بنصفين.

فأقول: إن الشعاع الخارج من الشمس إلى و وإلى ز ينعكس إلى علامة جـ.

برهان ذلك: أن قوس و جـ سدس دائرة ا ب جـ د، فيبقى من قوس ب جـ قوس ب و و<هي>نصف سدس. فإذاً الشعاع الخارج من الشمس إلى و يقطع قوس ا ب على علامة ح، والشعاع يخرج من الشمس على خطوط متوازية. فخط ح و يوازي خط ا جـ الذي هو

1 قال: فلنقل [ر، ل، ع] / ثلث دائرتها: ناقصة [ر، ل، ع] – 2 المرآة: دائرتها [ر، ل، ع] / التي: الذي [ع] / يوترها: توترها [ل] – 3 المرآة: أثبتها في الهامش [ا] / تعكس: تنعكس [ر، ل، ع] – 4 التي: الذي [ع] / المرآة بعد واحد: الدائرة بُعداً واحداً [ر، ل، ع] – 5 دائرة: نجد بعدها «أعني بهذه المسطرة التي تعمل عليها المرآة لتحرق» [ر، ل، ع] / ينعكس: ينعكس منها [ر، ل، ع] – 6 منها: نجد بعدها «أعني ينعكس على نفسه» [ر، ل، ع] – 7 التي: ناقصة [ع] – 8 خطي: قطري [ر، ل، ع] – 9 المسطرة: القوس [ر، ل، ع] / و ز: و جـ ز [ر، ل، ع] – 13 ا ب جـ د: ا ب جـ [ع، ل] وأثبت ناسخ [ر] الدال فوقها – 14 سدس: نجد في [ر] فوقها بخط آخر «الدائرة»، أي سدس الدائرة – 16 متوازية: نجد بعدها «في الحسّ لما سوف نخبر به في موضعه الأخصّ به إن شاء الله تعالى» [ر، ل، ع] / يوازي خط: مواز لخط [ر، ل].



الشعاع الخارج من الشمس إلى جـ، وا جـ يقطع قطر المرآة - الذي هو ب د - على زوايا قائمة، فإذاً ح و يقطع خط ب د على زوايا قائمة. ونفرض حيث قاطعه علامة ط. فإذاً خط و ط مثل خط ح ط، فإذاً خط ح و وتر السدس. والخطوط التي تقطع دائرة واحدة وتكون زوايا تلك القطع متساوية، تجعل القطع متساوية. والشعاع ينعكس على زوايا متساوية، فإذاً شعاع ح و ينعكس على خط يجعل زاوية قطعته مثل زاوية القطعة التي يحيط بها وتر و ح وقوس ح ب و. فإذاً القطعة التي يحيط بها الشعاع المنعكس من ح و - إذ تجعل زاويتها التي عند و مثل زاوية و - مثل القطعة التي حددنا. فإذاً القطعتان متساويتان / وقوساهما متساويتان ووتراهما متساويان. فإذاً القطعة التي مبتدؤها و و ا - ٤ - و إلى جهة جـ قوسها التي من و إلى جـ مساوية لقوس و ح. وقوس و ح سدس الدائرة، فقوس و جـ سدس الدائرة، فإذاً القطعة <التي> يحيط بها قوس و جـ وخط/

1 المرآة: الدائرة [ع] ونجد بخط آخر في هامش [ر] «صوابه الدائرة» - 2 ح و: خط ح و [ر، ل] - 3 ونفرض حيث قاطعه: عند [ر، ل] -4 ح و: ح ط و هو [ع] / ح و هو [ر، ل] / السدس: نجد بعدها «أيضًا» [ر، ل] - 7 التي: الذي [ع] / و ح: ح و [ر، ل] / وقوس ح ب و: أثبتها في الهامش [ر] - 7-8 وتر ... بها: مكررة [ل] - 8 ح و إذ: ح و ا ز [ا] خط ح و إذ [ر، ل] / و: علامة و [ر، ل] - 9 مثل: من [ا، ل، ع] / القطعتان: القطعتين [ر، ل] / متساويتان: متساويتين [ل] - 10 متساويتان: متساويتين [ل] / و: علامة و [ر، ل] - 11 و ح (الأولى والثانية): و جـ [ر] - 13 وخط: هنا يتوقف ناسخ [ا] عن الكتابة، ويمكن إكمال النص مما نقله أحمد بن عيسى في كتابه، انظر ص ...، وسننقله هنا تيسيراً للقارىء.

ل - ٥١ - و
جـ و، هي التي وترها [الذي] هو خط جـ و ‹و›هو شعاع ح و ‹الذي›/ ر - ٣١ - ظ
انعكس من و إلى جـ، لأن الشعاعات تنعكس على زوايا متساوية كما ع - ٣٢ - ظ / ل - ٥١ - ظ
بينا. فالزاوية التي يحيط بها خط جـ و وقوس و جـ مساوية للزاوية التي يحيط بها خط ح و وقوس و ح. فقد تبين أن شعاع ح و ينعكس على جـ و، وأن شعاع ا جـ ينعكس على نفسه، لأن زاوية ا جـ و /
مساوية لزاوية ا جـ ز. فإذاً آخر الشعاعات المتقاطعة يكون على نصف ر - ٣٢ - و
خط جـ ه عند علامة ل، لأن المنعكس من قوس جـ ز مثل المنعكس من قوس جـ و بمثل التدبير الذي تقدّم. إلا أن المنعكس من قوس و جـ ينعكس إلى جهة ز والمنعكس من قوس جـ ز ينعكس إلى جهة و. فآخر شيء يتقاطع منها من جهة ا على نقطة ل وآخر شيء يتقاطع منها من جهة جـ على نقطة جـ، أعني ما قاطع الشعاعات، كل الشعاعات المختلفة، من جهة جـ و إلى جهة ز جـ ومن جهة ز جـ إلى جهة جـ و.
فإذاً آخر / المواضع من هذه الشعاعات وأكثفه تقاطعًا ‹هو› الوسط ل - ٥٢ - و
الذي / هو عند علامة ل. وفي ذلك الموضع يكون الإحراق؛ وذلك ما ر - ٣٢ - ظ
أردنا أن نبينه.

1 هي: مكررة [ل] - 3 وقوس و جـ: أثبتها في الهامش [ر] - 4 ح و: جـ و [ر، ل] / و ح: و جـ [ر، ل] / ح و: ج و [ر] - 5 جـ و: جـ [ل] - 6 آخر: اكثر [ل، ع] - 10 شيء (الأولى والثانية): نجد في هامش [ر] بخط آخر «شعاع»، وهو المقصود / من جهة ... منها: ناقصة [ل] / ل: ه [ر] - 13 آخر: اكثر [ل، ع] / الوسط: الواسط [ع] - 14 هو: ناقصة [ع] / ما: ناقصة [ر] - 15 أن نبينه: ناقصة [ر، ل].

٥ ـ النص اللاتيني والترجمة العربية(*)

كتاب يعقوب الكندي في علل اختلاف المناظر وفي البراهين الهندسية التي يجب إعطاؤها لها.

Liber Jacob Alkindi de causis diversitatum aspectus et dandis demonstrationibus geometricis super eas.(**)

(*) النص العربي مفقود، والنص الذي نقدمه مترجم عن النسخة الفرنسية المترجمة بدورها عن النسخة اللاتينية. والعنوان مترجم أيضاً، لأن ما وصلنا منه هو في **اختلاف المناظر** وفق ما أورده المفهرسون القدامى. وفي ترجمة العنوان حاولنا الحفاظ على لغة الكندي، وهذا ما حاولنا القيام به أيضاً قدر المستطاع في ترجمة النص من خلال استخدام تعابير الكندي التي استقيناها من النصوص الموجودة في هذا الكتاب (المترجم).

(**) صَحَّحَ النص اللاتيني: هـ. هوغونار روش (H. Hugonnard-Roche)، ونقله إلى الفرنسية ج. جوليفيه (J. Jolivet) وهـ. سيناسور (H. Sinaceur) وهـ. هوغونار ـ روش وراجعه رشدي راشد (المترجم).

كتاب يعقوب الكندي في علل اختلاف المناظر وفي البراهين الهندسية التي يجب إعطاؤها لها

رغبة منا في الإحاطة بجميع العلوم الرياضية[1]، وبشرح النتائج الأولى التي تركها لنا القدماء بهذا الشأن، وبتطوير ما بدأوه وكذلك النقاط التي يتسنّى لنا فيها جَنْيَ كل حصاد الفكر، ينبغي علينا أن نعالج اختلاف المناظر[2]، على قدر استطاعتنا، كلياً وبرهانياً. يجب علينا أيضاً أن نثبت، انطلاقاً من الأشياء الطبيعية، المبادىء التي سنعتمدها في الكلام عن هذا الموضوع، إذ إن المنظر الذي يجعلنا نرى الأشياء المعينة بشكل مختلف هو إحدى الحواس ـ علماً بأنه من الواضح بالنسبة إلينا كيف تُدرك الأشياء المبصَرة. وبالتالي، فإنّ المبادىء الهندسية التي ستكون مبادىء براهيننا الهندسية ستمر بعد <المبادىء> الطبيعية، مع أنها كانت بالنسبة إلينا في المركز الأول، وذلك لكي نتجنب أن تكون مبادىء براهيننا كعلاقات نطرحها بشكل لا يتوافق مع الطبيعة لأن أقوالنا قد تكون في هذه الحالة خرافات وقد تبتعد عن سبيل البرهان.

---

(١) إن كلمة «doctrinalis» هي المصطلح التقني الذي استخدمه تقليدياً المترجمون من العربية إلى اللاتينية، وبخاصة جيرار دو كريمون، وذلك لترجمة الكلمة العربية «تعليمي» التي تعني العلم الرياضي. انظر على سبيل المثال ترجمة جيرار لمؤلف الفارابي **إحصاء العلوم**، حيث نجد في التمهيد «de scientiis doctrinalibus» لترجمة عبارة «في علم التعاليم»، ونجد أيضاً «scientia stellarum doctrinalis» لترجمة «علم النجوم التعليمي»: Abu Nasr Muhammad Ibn Muhammad al-Farabi, *Catálogo de las Ciencias*, ed. y. traduccio'n castellana por Angel Gonzalez Palencia, 2nd ed. (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Patronato Menéndez y Pelayo, Instituto Miguel Asín, 1953), p. 119.

إن عنوان الفصل المخصص للرياضيات، «في علم التعاليم»، قد ترجم بالعبارة De scientia doctrinarum, p. 145.

(٢) إن كلمة «aspectus» هي المصطلح التقني الذي استخدمه تقليدياً المترجمون في العصور الوسطى، وبخاصة جيرار، وذلك لنقل الكلمة العربية «منظر». على سبيل المثال، في مؤلفه **إحصاء العلوم**، يذكر الفارابي من بين العلوم الرياضية «علم المناظر» الذي ترجمه جيرار بعبارة «scientia aspectuum». انظر: المصدر نفسه، ص ١١٩ من النص الأجنبي وص ٧ من النص العربي.

في هذا المؤلف أيضاً، وفي المقطع المخصص لعلم المناظر تستخدم عبارة «scientia aspectuum» (pp. 148 and 151) (من أجل ترجمة **«علم المناظر»** (النص العربي، ص ٦١ و٦٥). وفي اقتباس Gundissalinus لمؤلَّف الفارابي، وهو معروف بعنوان *De Scientiis*، فإن عبارة «علم المناظر» يقابلها «scientia de aspectibus». انظر: Domingo Gundisalvo, *De Scientiis: Compilación a Base Principalmente de la [Maqalah fi Ihsa al-Ulum] de al-Farabi*, texto latino establecido por Manuel Alonso Alonso (Madrid: Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Grenada], 1954), pp. 54, 85 and 93, etc...

LIBER JACOB ALKINDI
DE CAVSIS DIVERSITATVM ASPECTVS ET DANDIS
DEMONSTRATIONIBVS GEOMETRICIS SVPER EAS

Oportet, postquam optamus complere artes doctrinales, et exponere in eo quod Antiqui premiserunt nobis de eis, et augere quod inceperunt et in quibus fuerunt nobis occasiones adhipiscendi uniuersas bonitates animales, ut de diuersitatibus aspectus secundum nostre possibilitatis mensuram uniuersaliter et demonstratiue loquamur, et nostrorum sermonum de his principia ex rebus naturalibus ponamus, eo quod aspectus, quo singularia comprehenduntur diuersa, sit unus ex sensibus, quatinus nobis declaretur qualiter uisibilia comprehenduntur. Postea uero principia geometrica, que nobis erunt demonstrationum geometricarum principia, erunt a naturalibus secunda, licet quantum ad nos fuerint prima, ne nostrarum demonstrationum principia sint sicut relationes non naturaliter posite. Sic enim sermones nostri essent fabulosi, demonstrationis uiam egredientes.

Rogamus itaque illum ad quem hic noster liber peruenerit ut, si aliquid inuenerit per quod extimet nos minus dixisse in eo, toleret et

<Prooemium>

1-3 Liber ... geometricis super eas *P* : Liber ... geometricis *A* Incipit liber Alchindi philosophi de diuersitate aspectuum *J* 4 complere *PJ* : complexione *A* 5 premiserunt *PA* : presumserunt *J* 8 demonstratiue *PA* : demonstratione *J* 11 declaretur *PA* : declareretur *J* 18 toleret *PA* : tolleret *J*

لذلك، إذا وَجَدَ من سيصله كتابنا بعض الأشياء التي تجعله يفكر أننا لم نقل فيها الكفاية، فإننا نسأله الصبر وعدم التسرع في أن يعتقد به سوءاً قبل أن يستوعب حقاً كل الكتب التي نشرت حول جميع <أنواع> المقادير، لأن كتابنا يأتي بعدها؛ وعليه أن يُتم ما يعتقد أننا أغفلناه، وفق ما يطلبه أناس عصره. لأنه في كل عصر وفي كل مكان يرى جميع الناس بسهولة أكبر كم يجب الاختصار أو الإطالة، بطريقة أكثر توافقاً مع إراداتهم. أما إرادتنا نحن، فهي أن نشكر أولئك الذين ساعدونا بنصائحهم الجيدة ووافقوا على نتائج جهودنا؛ وهي أن نكون مفيدين لمن نستطيع، وفق ما هو مُجْزٍ للطبيعة البشرية؛ وهي أن لا نأمل بالتقريظ ولا بالتفاخر الفظ.

عندما نرى أن الحدود على امتداد ظلال الأجرام هي مستقيمة، وعندما نرى الأنوار التي تدخل من الفتحات، فإننا نصل بالضرورة إلى <الاستنتاج> أن مسار الشعاعات الخارجة من الأجسام المضيئة هو مستقيم. وذلك أن هذين <الواقعين> لا يكونان كما ندركهما لو لم تتّبع الشعاعات خطوطاً مستقيمة. فنحن نرى أن الأشياء المضيئة هي علل إنارة الأجسام وسقوط ظلال هذه الأجسام. لأن الشمس عندما تكون في مواجهة جسم، فإنها تنيره، ويكون ظل الجسم على سطح جسم آخر موضوع في الجهة الأخرى بالنسبة إلى الشمس. وتُحدِث القناديل أيضاً الفعل نفسه عندما تكون موضوعة أمام الأجسام. فنحن نرى أن الشعاعات الخارجة من القناديل الموضوعة أمامنا هي علل إنارة الأجسام الموضوعة في مواجهتها، وعلل سقوط ظلال هذه الأجسام. وظلال هذه الأجسام هي تارة مساوية لها، وتارة أعظم منها، وتارة أصغر.

ـ ١ ـ

نحن نرى أن الأجسام التي تحدث ظلالاً مساوية لها هي مساوية للقناديل التي تنيرها، وأن حدود ظلال هذه الأجسام تقع بين خطوط <تبقى> متوازية[٣] مهما أطلناها. ذلك أن <هذه الخطوط> لا تلتقي، وعرض الظل لا ينقص ولا يعظم ولا يزيد، بل إن الظل، بالنسبة إلى وضع واحد، يبقى مساوياً للجسم <في العرض>، سواء أطلناه أم قصّرناه.

---

(٣) إن كلمة «equidistans» هي المصطلح التقني الذي استخدمه جيرار دو كريمون لترجمة الكلمة العربية «متوازن» أي مواز. انظر بخاصة العديد من الأمثلة في ترجمة جيرار لكتاب **إصلاح المجسطي** لجابر بن أفلح المنشور تحت عنوان: Ibn Aflaḥ, *Gebri filii Affla Hispalensis de Astronomia libri IX,* trad. P. Apian (Nuremberg: [s.n.], 1534).

non festinet cogitare mala, donec omnes tractatus qui de omnibus quantitatibus editi sunt ueraciter intelligat – huius enim nostri libri ordo post illos consistit – et supleat quod nos minus dixisse extimat secundum quod homines sui temporis eo eguerint. Vniuersis namque hominibus cuiuslibet temporis et partis abbreuiandi et prolongandi mensura est facilior et eorum uoluntatibus magis conferens. Nostra autem uoluntas est nobis bene consulendo auxiliantibus et in quibus elaborauimus consentientibus grates agere, et cui possumus proficere secundum utilitatem humanam habentium naturam et non sperare laudem neque beluinnam arrogantiam.

Quod uero uidemus ex rectitudine finium umbrarum corporum in latitudine et luminibus per fenestras ingredientibus, necessario ducit nos ad hoc ut transitus radiorum procedentium a corporibus luminosis fiat secundum rectitudinem rectarum linearum. Nihil enim horum duorum esset secundum quod sentimus, nisi radii secundum rectarum linearum rectitudinem procederent. Nos namque uidemus res luminosas causas illuminandi corpora et iaciendi umbras illorum corporum existere. Sol enim, cum coram corpore paratur, illuminat ipsum et umbra corporis existit in facie corporis alterius oppositi parti solis. Candele quoque similiter faciunt, cum coram corporibus posite fuerint. Videmus enim radios procedentes a candelis, que coram nobis ponuntur, causas illuminandi corpora eis opposita et iaciendi illorum corporum umbras existere. Quorum quidem umbre quandoque corporibus existunt equales quandoque maiores quandoque eis minores.

< 1 >

Videmus autem corpora que faciunt umbras eis equalia equari candelis ea illuminantibus, et horum quidem corporum fines umbrarum in latitudine equidistantium linearum, etsi ualde protendantur, existere. Non enim concurrunt, neque latitudo umbre minoratur neque dilatatur neque augetur, sed umbra existit ei equalis secundum unam habitudinem, siue protendatur aut abbreuietur.

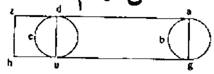
21 et *PA* : *om. J* 22 eguerint *PJ* : egerunt *A* 34 procederent *PA* : procederint *J*
35 iaciendi *PJ* : iacendi *A* 40 iaciendi *PJ* : iacendi *A*

<1>

2 fines *PA* : facies *J* 4 enim *PA* : *om. J*

مثال ذلك: أن نفرض جسماً مضيئاً موجوداً في دائرة abg؛

الشكل رقم (١)



ونفرض جسماً يقع عليه الضوء، موجوداً في الدائرة deu؛ ونفرض أن القطر ag مساو للقطر du.

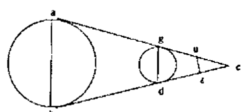
نُدرك إذن في هذه الحالة الظلّ بين الخطين المتوازيين adz وguh. فنلاحظ أن العمودين الواقعين على الخطين dz وuh هما مساويان للخطين du وzh. فالظل إذن موجود بين القوس deu والخطين dz وuh. وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ٢ ـ

نرى من جهة أخرى أن الظلال تكون أصغر من الأجسام عندما تكون القناديل التي تضيء الأجسام أكبر منها. وبمقدار ما تمتد وتطول ظلال هذه الأجسام، نرى أن الخطوط التي تحدّها تقلل من تباعدها وتقترب في ما بينها، بحيث إنها تتلاقى، وإن ظلال هذه الأجسام تأخذ شكل مخروط(٤)، لأنّ الخطوط التي تحد هذه الظلال ليست متوازية.

مثال ذلك: أن نفرض جسماً مضيئاً موجوداً في الدائرة ab، وجسماً يقع عليه الضوء موجوداً في الدائرة gd؛ ونفرض أن القطر ab أعظم من القطر gd.

الشكل رقم (٢)



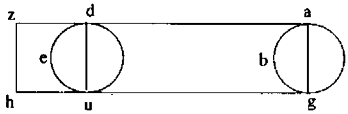
نُدرِك إذن في هذه الحالة الظلّ بين خطين غير متوازيين، كالخطين gu وdz، ونجد أن الزاويتين ugd وzdg أصغر من زاويتين قائمتين.

فإذا أخرجنا على استقامة، من جهة واحدة،، الخطين gu وdz، فإنه من المحال ألا يلتقيا: وهكذا يحصل التقاء الخطين gue وdze في النقطة e. فضلاً عن ذلك، إذا أخرجنا uz عموداً على الخط de في النقطة z، فإننا نجد أن الزاوية euz أصغر من زاوية قائمة.

---

(٤) إن الكلمتين «Pinealis figura» تشيران إلى المخروط، كما يظهر ذلك في السياق؛ وفي أماكن أخرى يستخدم جيرار التعبير «piramis columpna» للإشارة إلى المعنى نفسه. انظر هذه الكلمات في فهرس الكتاب التالي: Clagett, ed., Ibid., vol 1: *The Arabo - Latin Tradition.*

Verbi gratia sit corpus luminosum contentum a circulo *abg*, et corpus, super quod cadit lumen, contentum a circulo *deu*, sitque diametrus *ag* diametro *du* equalis.

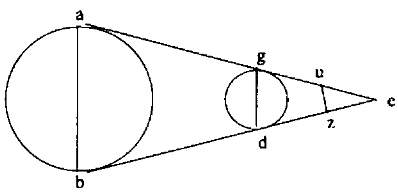


Sentimus itaque umbram apud hoc inter duas lineas equidistantes *adz guh*. Reperimus enim perpendiculares cadentes super duas lineas *dz uh* equales duabus lineis *du zh*. Est ergo quod continet umbram arcus *deu* et linee *dz uh*. Et hoc est quod demonstrare uoluimus.

< 2 >

Vmbras uero corporibus uidemus minores, cum candele illuminantes corpora sunt maiores corporibus. Quorum quidem corporum umbrarum, quantumcumque protendantur et elongentur, finium lineas constringi et approximare uidemus in latitudine, donec concurrant et fiant eorum umbre pinealis figure, quarum finales linee non sunt equidistantes.

Verbi gratia sit corpus illuminans quod continetur a circulo *ab*, et corpus, super quod cadit lumen, quod continetur a circulo *gd*, sitque diametrus *ab* maior diametro *gd*.



Sentimus ergo umbram apud hoc inter duas lineas non equidistantes sicut duas lineas *gu dz*. Et reperimus duos angulos *ugd* et *zdg* duobus rectis minores. Si ergo due linee *gu dz* protrahantur in parte una, impossibile est quin concurrant, sicut concursus duarum linearum *gue dze* existit super notam *e*. Quod si etiam perpendicularis *uz* super notam *z* linee *de* protrahatur, inuenietur angulus *euz* minor recto. Angulus uero

8 lumen *PJ* : lumine *A* 9 ag diametro *PA* : *om. J*

<2>

3 finium *PJ* : firmum *A* 4 uidemus *PA* : *mg. m. rec. J* 9 diametrus *PA* : diametro *J* 11 et *PA* : *om. J* 13 est *PJ* : *om. A* dze *PJ* : dez *A* 14 e *PA* : *iter. J* 15 protrahatur *PA* : protrahantur *J*

لكن الزاوية uze قائمة، إذ إن uz عمودي على الخط de. فالزاويتان ezu وeuz أصغر من زاويتين قائمتين. فعندما نخرج الخطين dz وgu على استقامة، من جهة uz، فإنهما يلتقيان بالضرورة.

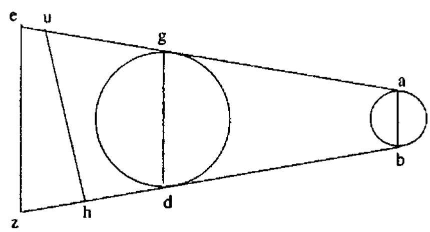
والظل إذن موجود بين القوس gd، الذي هو من جهة uz، والخطين ge وde. وبالتالي، يكون للظل شكل مخروط، مثل الشكل gde. وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ٣ ـ

نرى أيضاً أن الظلال أعظم من الأجسام، عندما تكون القناديل التي تضيء الأجسام أصغر منها. وكلما امتدت وطالت هذه الظلال، كلما اتسع وعَظُم وازداد التباعد بين الخطوط التي تحدها؛ فهذه <إذن> ليست متوازية.

مثال ذلك: أن نفرض جسماً مضيئاً موجوداً في الدائرة ab؛ وجسماً يقع عليه الضوء موجوداً في الدائرة gd؛ وليكن القطر ab أصغر من القطر gd.

الشكل رقم (٣)



نُدرِك إذن في هذه الحالة الظلَّ بين خطين مستقيمين غير متوازيين؛ ولهذا السبب تزداد الفسحة التي تفصل بينهما كلما ازداد طول الظل وهذا ما يحدث للخطين ge وdz.

فإذا أخرجنا عموداً، على الخط dz، يَمْتَدُّ حتى الخط ge، مثل العمود الذي يسقط في النقطة h من الخط dz ويلتقي في النقطة u من الخط ge، فإننا نجد أن الزاوية euh أعظم من زاوية قائمة. فالزاويتان euh وzhu أعظم من زاويتين قائمتين. فالخط ez أعظم من الخط uh. وكلما مَدَّدنا الخطين ge وdz على استقامة، كلما عظمت الفسحة التي تفصل بينهما. ويكون الظل محصوراً بين القوس gd، والخطين eg وzd. وهذا لا يحصل أبداً إذا كانت أشعة القناديل لا تتبع خطوطاً مستقيمة، وذلك ما أردنا أن نبين.

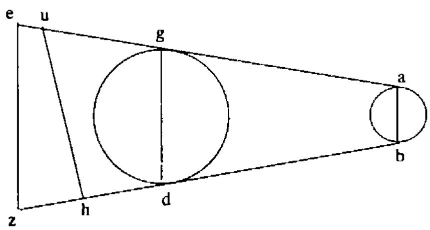
uze est rectus eo quod *uz* sit perpendicularis super lineam *de*. Duo ergo anguli *ezu euz* duobus rectis minores existunt. Cum ergo due linee *dz gu* ad partem *uz* protrahantur, necessario concurrent.

Quod ergo continet umbram est arcus *gd*, qui est a parte *uz*, et due linee *ge de*. Est itaque figura umbre pinealis sicut figura *gde*. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 3 >

Vmbras quoque corporibus maiores uidemus, cum candele corpora illuminantes sunt eis minores. Quarum quanto magis protenduntur et elongantur, dilatantur et ampliantur et separantur finium linee in latitudine et existunt non equidistantes.

Verbi gratia sit corpus illuminans quod a circulo *ab* continetur, et corpus, super quod cadit lumen, quod continetur a circulo *gd*, sitque diametrus *ab* minor diametro *gd*.



Sentimus igitur umbram apud hoc inter duas lineas rectas non equidistantes, quapropter quod est inter eas adauget interuallum, quanto magis elongatur umbra, sicut due linee *ge dz*.

Cum enim protraxerimus super lineam *dz* perpendicularem peruenientem ad lineam *ge*, quemadmodum perpendicularis cadens super notam *h* linee *dz* et notam *u* linee *ge*, inueniemus angulum *euh* recto maiorem. Duo igitur anguli *euh zhu* duobus rectis existunt maiores. Ergo linea *ez* est maior linea *uh*. Et quanto magis protracte fuerint due linee *ge dz*, augmentabit quod est inter eas interuallum. Et erit umbra quod continetur ab arcu *gd* et duabus lineis *eg zd*. Neque umquam accideret hoc, nisi radii candelarum secundum rectas procederent lineas. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

16 lineam *PA* : linea *J* 18 protrahantur *P* : protrahentur *AJ* 20 *post* de *add.* scilicet continent umbram *J* figura *PJ* : figure *A* 21 quod *PJ* : qua *A*

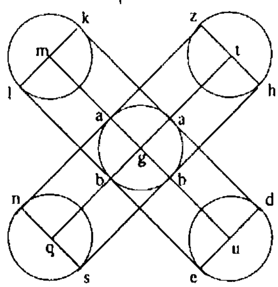
<3>

9 adauget *PA* : adaugetur *J* 10 elongatur *PA* : elongat *J* *post* linee *add.* sunt *J* 13 ge *PA* : gu *J* 15 protracte fuerint *PJ* : protente fuerit *A* 16 augmentabit *PA* : augmentabitur *J* quod *PJ* : quodque *A* interuallum *PJ* : internalium *A* 18 *post* rectas *add.* et *J*

فضلاً عن ذلك، عندما يكون جسم أسطواني الشكل[٥] محاطاً من جهات مختلفة بعدة قناديل، فإننا نرى ظلالاً تتشكل وفقاً لعدد القناديل التي تضيئه. وإذا أخرجنا، من مركز كل ظل من هذه <الظلال>، خطاً يقطعه إلى نصفين ويقطع الجسم إلى نصفين، وإذا كان هذا الخط خطاً مستقيماً، فإنه يصل إلى أحد القناديل ويقسمه إلى نصفين. وهذا، بالتأكيد، لا يحصل بأية طريقة إذا لم تتبع أشعة القناديل خطوطاً مستقيمة.

مثال ذلك: أن نفرض جسماً يقع عليه الضوء، موجوداً في الدائرة ab التي مركزها g. نفرض أيضاً أحد الأجسام المضيئة موجوداً في الدائرة de التي مركزها u. وليكن أيضاً جسم آخر مضيء موجود في الدائرة zh التي مركزها t.

الشكل رقم (٤)



نحن نُدرك إذن الظل المقابل للجسم de، كأنه موجود بين الخطين ak وbl فإذا قسمنا الظل akbl إلى نصفين بخط يمر بالمركز g، وبالمركز u، فإن هذا الخط يقسم كل واحد من الجسمين ab وde إلى نصفين[٦]، إذ إنه يمر في مركز كل منهما، مثل الخط mgu.

كذلك أيضاً يقسم الخط tgq، إلى نصفين، الظلَّ المقابل للجسم zh والموجود بين الخطين an وbs، ويقسم إلى نصفين كل واحد من الجسمين ab وzh، إذ إنه يمر في مركز كل منهما. وذلك ما أردنا أن نبين.

---

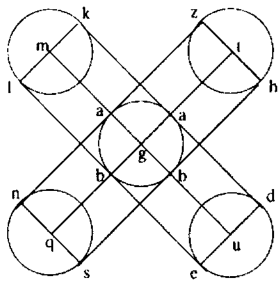
(٥) تعني الكلمتان «columpnea figura» عند جيرار دو كريمون الشكل الأسطواني؛ وفي ترجمته لِـ *Verba Filiorum*، نجد أيضاً: columna أو columpna وذلك للإشارة إلى الأسطوانة. انظر الفهرس في: المصدر نفسه، ج ١.

(٦) إن العبارة اللاتينية «in duo media et duo media» هي على الأرجح نسخ حرفي من جيرار لصيغة الجملة العربية «بنصفين نصفين»، حيث إن تكرار كلمة «نصفين» له مدلول توزيعي؛ ونعبر عن هذا المدلول التوزيعي باستخدام كلمة «كل»: «كل واحد من الجسمين... إلى نصفين».

< 4 >

Vni preterea corpori columpnee figure, cum a pluribus circumdatum fuerit candelis in diuersis partibus, umbras secundum numerum candelarum ipsum illuminantium prouenire cernimus. A cuiusque quarum medio cum linea producta fuerit secans eam in duo media et secans corpus in duo media, et processerit secundum rectitudinem, perueniet ad unam candelarum et diuidet ipsam in duo media. Quod quidem nullo etiam contingeret modo, nisi radii candelarum secundum rectas procederent lineas.

Verbi gratia sit corpus, super quod cadit lumen, quod continetur a circulo *ab*, cuius centrum est *g*. Et sit unum corporum luminosorum quod continetur a circulo *de*, cuius centrum est *u*. Aliud quoque corpus luminosum sit quod continetur a circulo *zh*, cuius centrum est *t* .



Sentimus igitur umbram oppositam corpori *de* contineri a duabus lineis *ak bl*. Cum ergo diuiserimus umbram *akbl* in duo media cum linea transeunte per centrum *g* et centrum *u*, diuidet duo corpora *ab de* in duo media et duo media, quia transit per ipsorum centra, sicut linea *mgu*.

Similiter quoque umbram oppositam corpori *zh*, que continetur a duabus lineis *an bs*, diuidit linea *tgq* in duo media, et diuidit unumquodque duorum corporum *ab zh* in duo media, eo quod per eorum centra transeat. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

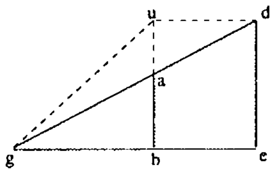
<4>
1 uni *PJ* : cum *A* 12 continetur *PJ* : contineatur *A* 13 umbram *PJ* : umbra *A* 15 diuidet *PJ* : diuidit *A* 16 et duo media *PA* : *om. J* centra *PJ* : centrum *A* 18 oppositam *PJ* : opposita *A* 21 est *PJ* : *om. A*

- ٥ -

ونرى أيضاً، إذا كانت القناديل تقع في الهواء أعلى من رؤوس الأجسام < المضاءة بها > ، فإن نسبة < طول > الظل إلى ارتفاع الجسم < المضاء > تساوي نسبة كل القطعة التي تصل بين نهاية الظل وقاعدة القنديل إلى القنديل نفسه. وهذا لا يحصل إطلاقاً إذا كانت أشعة القناديل لا تتبع خطوطاً مستقيمة.

مثال ذلك: أن نفرض في ab جسماً يقع عليه الضوء؛ لتكن النقطة g نهاية ظله؛ وليكن de الجسم المضيء.

الشكل رقم (٥)



نجد إذن أن نسبة bg على ba تساوي نسبة eg على de. من جهة أخرى، إن الشعاع الخارج من النقطة d إلى النقطة a يقع في الموضع g. وبما أن ab وde عموديان < على ge > ، فإنهما متوازيان. وبذلك يكون الخط dag مستقيماً.

فإذا لم يكن كذلك، فإن الخطين da وag يشكلان زاوية عند التقائهما في a. لنفرض إذن الخط dug مستقيماً. فيكون المثلث duge مقسماً بخط موازٍ لخط de، وهو الخط ub. فالمثلث bug مشابه للمثلث dge. فتكون نسبة ub إلى bg مساوية لنسبة de إلى eg. لكننا قد أثبتنا أن نسبة ab إلى bg مساوية لنسبة de إلى eg. والأشياء المساوية لشيء واحد هي متساوية. فنسبة ub إلى bg تساوي إذاً نسبة ab إلى bg. فنسبة ub، الذي هو أعظم، إلى bg، مثل نسبة ab، الذي هو أصغر، إلى bg. فإذاً ub، الذي هو أعظم، يساوي ab، الذي هو أصغر. وهذا خُلْف ومحال.

فمن المحال ألا يكون < الخط > dag مستقيماً. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

- ٦ -

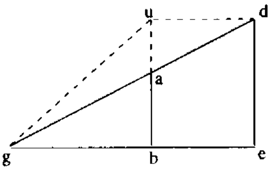
نرى ذلك أيضاً بطريقة أجلى وأوضح، إذا أخذنا لوحاً مثقوباً بالمنشار في وسطه، < بفتحة > مستقيمة[٧]

(٧) إن الكلمة اللاتينية «directe» التي تُرجمت: «< فتحة > مستقيمة» تبدو مرتبطة بالواقع الذي مفاده أن المنشار يجب أن يكون عمودياً على سطح اللوح.

< 5 >

Videmus etiam umbrarum corporum, quorum loca candelarum in aere eorum capitibus sunt altiora, proportionem ad altitudinem corporum sicut est proportio longitudinis extremitatum umbrarum cum eo quod ei continuatur ab inferiori parte candelarum ad ipsas candelas. Quod etiam nullo contingeret modo nisi candelarum radii secundum rectas protenderentur lineas.

Verbi gratia sit corpus, super quod cadit lumen, in loco *ab*, sitque umbre ipsius extremitas nota *g*, et sit corpus illuminans *de*.



Reperimus igitur proportionem *bg* ad *ba* sicut proportio *eg* ad *de*. Radius quoque a nota *d* protensus ad notam *a* cadit in loco *g*. Et quia *ab* et *de* sunt perpendiculares, ergo sunt equidistantes. Linea igitur *dag* est recta.

Si enim recta non fuerit, tunc coniunctio duarum linearum *da ag* supra *a* fit secundum angulum. Sit ergo recta linea *dug*. Triangulus igitur *duge* est diuisus linea equidistante *de*, que est linea *ub*. Ergo triangulus *bug* est similis triangulo *dge*. Proportio igitur *ub* ad *bg* equalis est proportioni *de* ad *eg*. Iam uero fuerit demonstratum quod proportio *ab* ad *bg* est sicut proportio *de* ad *eg*. Sed uni rei equalia sunt equalia. Ergo proportio *ub* ad *bg* est sicut proportio *ab* ad *bg*. Proportio igitur *ub* maioris et *ab* minoris ad *bg* est una. Ergo *ub* maior est equalis *ab* minori. Quod quidem contrarium est et impossibile.

Impossibile est igitur ut *dag* sit non recta. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 6 >

Hoc quoque manifestius et clarius uidebimus, si tabulam assumpserimus in medio cum serra directe et equaliter perforatam, et occurrerimus

<5>

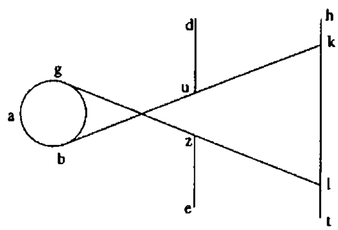
1 in aere *PJ* : manere *A* 9 igitur *PA* : ergo *J* 14 fit *PA* : sit *J* 15 duge *P* : dneg *A* duga *J* 22 est igitur *PA* : igitur est *J* sit *PA* : fit *J* 22-23 quod demonstrare uoluimus *PJ* : *m. rec. A*

ومنتظمة[٨]؛ وإذا وضعنا بعد ذلك وجهاً لوجه منتصف الفتحة المستحدثة بالمنشار ومنتصف قنديل، بحيث يقطع الخط الخارج من القنديل، عمودياً، قطر القنديل والفتحة المستحدثة بالمنشار؛ وإذا وضعنا أخيراً مقابل اللوح حيث توجد الفتحة، لوحاً آخر يكون سطحه الذي يقابل <اللوح المثقوب>، موازياً لسطح <اللوح المثقوب> الذي يقابله.

حينئذ إذا انطلقنا من طرف الضوء الذي يقع من خلال فتحة اللوح على اللوح الآخر الموازي <للأول>، لِنُخْرِج خطاً مستقيماً يجمع إحدى جهتي <الضوء>، بالعرض، مع طرف القنديل، من الجهة المقابلة بالعرض؛ <وهذا الخط> يمس طرف الفتحة المستحدثة في اللوح. وهذا، بالتأكيد، لا يحصل إذا لم تتبع حدود الشعاعات خطوطاً مستقيمة.

مثال ذلك: أن يكون القنديل دائرة abg، وليكن اللوح de هو اللوح المثقوب؛ ولتكن، مسافة uz هي الفتحة. ولنفرض أيضاً ht اللوح الذي يقع عليه الضوء، ولتكن مسافة kl قطعة اللوح التي يقع عليها الضوء.

الشكل رقم (٦)



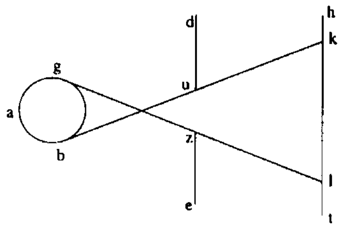
فإذا أخرجنا خطاً من النقطة k إلى النقطة u، ومَدَّدْناه على استقامة، فإنه يصل إلى النقطة b من القنديل، التي هي من الجهة المقابلة للنقطة u. وإذا أخرجنا خطاً من النقطة ℓ إلى النقطة z، ثم مَدَّدْناه على استقامة، فإنه يصل إلى النقطة g من القنديل، التي هي من الجهة المقابلة للنقطة z.

(٨) إن الكلمة اللاتينية «equaliter» تستخدم على الأرجح لوصف شكل الفتحة التي يجب أن تكون منتظمة. في النصوص الفلكية يترجم جيرار الكلمة العربية «مستوي» بالكلمة اللاتينية «equalis»، وكلمة «مستوي» تستخدم لوصف حركة «منتظمة». انظر: Ibn Aflaḥ, Ibid.

deinde cum medio foraminis serrati medio candele, donec sit linea, que protrahitur a candela, secans diametrum candele et foramen serratum orthogonaliter, et post occurramus tabule, in qua est foramen, cum alia tabula, cuius superficies, que ei occurrit, equidistet superficiei eius que ipsi occurrit.

Si ergo ab extremitate luminis, quod cadit per foramen tabule super tabulam aliam ei equidistantem, in latitudine protrahatur ab una duarum partium ad finem candele in latitudine in parte altera linea recta, continget extremitatem foraminis quod est in tabula. Quod quidem non esset nisi radiorum fines secundum rectas procederent lineas.

Verbi gratia sit candela circulus *abg*, et sit tabula perforata tabula *de*, sitque foramen spatium *uz*. Tabula quoque, super quam cadit lumen, sit *ht* et pars eius, super quam cadit lumen, sit spatium *kl*.



Cum ergo protrahetur linea a nota *k* ad notam *u*, et producetur recte, perueniet ad notam candele que est *b*, que est e contrario partis *u*. Et cum produxerimus a nota *l* lineam ad *z*, et protendetur recte, perueniet ad notam candele *g*, que est e contrario partis *z*.

<6>

6-7 que ipsi *PJ* : quo ei *A* 8-9 per ... latitudine *PA* : *mg. m. rec. J* 9 ei *PJ* : *om. A* 11 continget *PA* : contingeret *J* 20 *post* z *add.* et hoc est quod demonstrare uoluimus *J*

- ٧ -

بعد أن بيّنا[٩] بواسطة <براهين> حسية أن جميع الشعاعات تتبع خطوطاً مستقيمة. يجب علينا أن نشرح كيف تدرك العين المحسوسات الخاصة بها.

فأقول إنه من المحال ألا تستقبل العين محسوساتها <إما> بواسطة أشكال محسوساتها التي تصل إليها وتتجه نحوها وتنطبع فيها، كما اعتقد أغلب القدماء؛ وإما <بسبب> قوة[١٠] تنبعث منها نحو محسوساتها، وبفضلها تُدرِكُ هذه المحسوسات؛ وإما بهاتين الطريقتين معاً؛ وإمّا أن أشكال هذه <المحسوسات> مدونة ومطبوعة في الهواء وأن الهواء يدونها ويطبعها في العين، والعين تستحوذ عليها بقدرتها على إدراك ما يطبعه الهواء فيها بواسطة الضوء.

فإذا كانت أشكال المحسوسات تنتشر بطريقة تصل بها إلى العين وتنطبع فيها؛ أو إذا كان السببان موجودين معاً، أي إذا كان كل واحد منهما يُشارك الآخر بالتساوي؛ أو إذا كانت المحسوسات تَطْبع وتُدَوِّن أشكالَها في الهواء فإنه <في هذه الحالات الثلاث> يجب على الدوائر، الموجودة على المستوي نفسه للناظر[١١]، أن تنتشر وتتجه نحوه، وأن تُرى كما هي وفق كيانها الخاص.

لكن ليس هذا ما نشاهده، بل على العكس من ذلك، عندما تكون الدوائر والناظر على المستوي نفسه، فإن الدوائر لا تُرى بأيّة طريقة كانت. يبقى فقط أن قوة تنطلق من الناظر نحو الأشياء التي تُرى، وهي قوة يُدرِكُ بها الناظرُ الأشياءَ. فبما أن هذه القوة تنتشر وتنطبع في الهواء وفق خطوط مستقيمة، فإنها لا تدخل في الدوائر، إذا كان الناظر والدوائر على المستوي نفسه. ولذلك لا تُدرَكُ الدوائر.

- ٨ -

في الحقيقة، لقد اعتقد أناس كثيرون عندما رأوا أن الأشعة تنقل معها ألوان الأجسام وتضعها على حدود هذه الأجسام، أن الحاسة لا تُدرك أشكال الأشياء إلا لأن هذه الأشكال تنتقل إليها. فبالنسبة إليهم، إن الأشكال ليست سوى حدود الألوان. لذلك قدّروا أن الأشكال تتحرك نحو الناظر.

---

(٩) إن الكلمة اللاتينية «declarare» يستخدمها عادة جيرار لترجمة الكلمة العربية «بيّن»، وذلك في نسخته لعمل جابر بن أفلح.

(١٠) إن الكلمة اللاتينية «virtus»، وهي ترجمة محتملة للكلمة العربية «قوة»، تغطي مجالاً واسعاً من المعاني في نص جيرار، وسنترجمها، وفق السياق، أحياناً بكلمة «قوة» وأحياناً بكلمة «قدرة».

(١١) باللاتينية «Aspiciens»؛ بما أن جيرار ليس اختصاصياً في علم المناظر، فإنه يترجم كلمة «الناظر» وفق معناها الأكثر شيوعاً؛ لكن هذه الكلمة هنا، وفي أغلب الأحيان في هذا العمل، تعني البؤبؤ.

< 7 >

Postquam igitur iam sensibiliter est declaratum quod omnes radii secundum rectas egrediuntur lineas, oportet ut qualiter oculus sua recipiat sensibilia enucleemus.

Dico igitur impossibile esse quin oculus sua recipiat sensibilia peruenientibus et currentibus suorum sensibilium formis ad eum, quemadmodum plures Antiquorum extimauerunt, et sigillentur in eo, aut ab eo procedat uirtus ad sua sensibilia, cum qua ea recipiat, aut hec duo sint simul, aut eorum forme sint sigillate in aere et impresse, et aer sigillet eas et imprimat in oculo, quas oculus comprehendit uirtute sua receptibili eius, quod aer in eo impressit lumine mediante.

Si ergo sensibilium forme procederent, donec ad oculum peruenirent et sigillarentur in eo, aut due cause essent simul, queque uidelicet earum ad suam comparem curreret, aut sensibilia suas formas imprimerent in aere et sigillarent, oporteret ut circuli, qui cum aspiciente in una consistunt superficie, procederent et currerent ad aspicientem, et uiderentur quemadmodum sunt secundum suum esse.

Sed non apparet ita. Immo cum circuli et aspiciens in una consistunt superficie, circuli nullo modo uidentur. Non ergo restat nisi ut ab aspiciente ad res que aspiciuntur procedat uirtus qua eas recipiat. Virtus enim illa cum procedit et in aere impressionem facit secundum rectas lineas, si aspiciens et circuli in una consistunt superficie, non ingreditur circulos. Circuli igitur non sentiuntur.

< 8 >

Plures uero hominum, quia uidebant radios corporum colores secum defferre et apud eorum fines deponere, sensum non recipere rerum figuras, nisi per cursum earum ad ipsum, extimauerunt. Figure enim apud eos non sunt nisi colorum fines. Quapropter putauerunt figuras ad aspicientem currere.

<7>

1 postquam ... : *gloss.* Visio quomodo fiat *add. s. l. m. rec. A* 2 *post* oportet *add.* hic *A* 19 qua *PA* : quas *J* 21-22 non ingreditur circulos *PJ* : *ante* non *add.* uel non uidentur circuli *A* *gloss.* uel non uidentur circuli *mg. hab. P*

<8>

1 plures *PJ* : quamplures *A* *gloss.* Hic conatur ostendere uisionem fieri per extramissionem *add. mg m. rec. A* 2 defferre *P* : deferre *J* differre *A* 3 extimauerunt *PA* : extimauerint *J* 4 putauerunt *PA* : potauerunt *J*

لكن تحرك الأشكال نحو الموضع الذي تصل إليه ليس سبب الحركة الموضعية للألوان في الهواء. لأنه لو كان الأمر كذلك، فإن زجاجاً، أو حجراً متماسكاً وشفافاً[١٢] في آن واحد، لا يبقى أحمر اللون، أو بلون آخر، عندما نضعه في أماكن < مضاءة >[١٣]، إلاَّ لبرهة قصيرة مساوية للوقت الذي ينفد فيه لونه.

لكن السبب الحقيقي هو أنه، من طبيعة الأجسام المضيئة أن تحول[١٤] الهواء الذي أمامها فتعطيه لوناً شبيهاً بلونها. وهكذا فإنَّ من طبيعة الأجسام الحمراء اللون أو التي لها لون آخر، عندما تكون مضاءة، أن تحول الهواء بإعطائه لوناً شبيهاً بلونها.

نقدم في ما يلي ما يؤيد قولنا بأنَّ البصر[١٥] لا يدرك محسوسه الخاص إلا بقوة تنبعث منه وتؤثِّر في الهواء وفق خطوط مستقيمة ـ عندما تقوم واسطة الضوء بفعلها بين البصر ومحسوسه ـ ويكون ذلك بتأثير قوي لا يبتعد عن استقامة البصر في أي موضع كان: فالبصر يدرك جيداً ما يقع عليه هذا الجزء من الهواء المتأثِّر بقوة البصر، إذ إن عدداً كبيراً من أصحاب البصر الضعيف يرون أمامهم صورتهم الخاصة، أي أنفسهم. والعلة في ذلك أن القوة التي تنبعث من البصر هي ضعيفة للغاية، فلا تنفذ في الهواء الذي يردّها إلى جسم الانسان الذي ينظر. لذلك تعود إلى جسمها الخاص وبصرها يدرك شخصه الخاص، مثلما يُدرِك الأجسام المختلفة[١٦] التي يتوجه نحوها بتأثير القوة المنبثة من بصره الخاص.

---

(١٢) إن التقريب بين «vitrum» و«lapis»، كمثالين مخصصين لدعم الحجة المضادة للكندي، يوحي أن الكلمة اللاتينية «claritas» التي استخدمها جيرار لوصف الحجر تعني شفافيته، وليس فقط نقاوته. ذلك أنه بموجب نقض الكندي نصل إلى التسليم بأن الأجسام الشفافة تفقد سريعاً لونها، وذلك إذا قبلنا الفرضية التي مفادها أن تحرك الأشكال بسبب تحرك الألوان.

(١٣) إن النفاد المفترض لألوان الأجسام الشفافة، بسبب انتقال الأشكال بواسطة الأشعة المضيئة، هو، بالطبع غير معقول إلا إذا كانت هذه الأجسام مضاءة. (انظر أيضاً، في المقطع الذي يلي التفسير الذي اعتمده الكندي، حيث يَفرِض أن الأجسام تكون مضاءة): لذلك نضيف في ترجمتنا كلمة «مضاءة»، فالنص اللاتيني يبدو لنا ناقصاً.

(١٤) في نص جيرار دو كريمون تحمل الكلمة اللاتينية «conversio» معنيين تقنيين مُخْتَلفين: فهي تعني من جهة تأثير الجسم المضيء أو البصر في الهواء المحيط، فنترجمها عندئذ بكلمة «تحويل»؛ وتعني من جهة أخرى انعكاس الأشعة الضوئية ونترجمها في هذه الحالة بكلمة «انعكاس».

(١٥) إن كلمة «visus» في ترجمة جيرار دو كريمون تغطي حقلاً واسعاً في دلالات اللفظة: فهي قد تكون متعلقة بعضو النظر بصفته يدرك المحسوسات المقابلة له، أو متعلقة بفعل هذا العضو من خلال القوة (virtus) التي تبعث منه، أو أيضاً باستقبال المحسوس بواسطة العضو البصري. وقد ترجمناها في أغلب الأحيان بكلمة «البصر»، وأحياناً بكلمة «الرؤية».

(١٦) إن الكلمة اللاتينية «singularia» في نص جيرار، باللاتينية، لها في أغلب الأحيان مدلول توزيعي؛ لقد ترجمناها بشكل عام بكلمة «مختلف».

Non autem earum cursus ad locum, ad quem perueniunt, localis motus colorum in aere causa existit. Si hoc enim ita esset, non remaneret uitrum aut lapis cum spissitudine claritatem habens rubeus aut alterius coloris, cum in locis poneretur, nisi paruo tempore, donec eius finiretur color.

Verum eius causa est quoniam corpora luminosa, cum obuiant aeri, sua natura tribuunt ei cum conuersione colorem sibi similem. Similiter quoque corpora rubea et alia, cum illuminantur, sua natura dant aeri cum conuersione colorem suis coloribus similem.

Verificatur autem quod diximus de hoc quod uisus suum sensibile non comprehendit nisi uirtute ab ipso procedente et conuertente aerem secundum rectas lineas, quando inter ipsum et suum sensibile lumen medium interuenerit, conuersione firma a uisus rectitudine non separata, ubicumque fuerit, quia uisus sentit illud tunc super quod illa pars aeris conuersa a uirtute uisus cadit, quoniam plures eorum, quorum uisus debilitatur, suam ymaginem coram se uident, scilicet personam suam. Cuius quidem causa existit quoniam uirtus a uisu procedens, cum propter debilitatem in aere penetrare non possit, redire eam facit aer ad corpus hominis aspicientis. Peruenit igitur ad suum singulare et uisus eius comprehendit singulare sui ipsius, quemadmodum singularia comprehendit, ad que dirigitur cum impressione uirtutis que ab ipsius uisu procedit.

20 uisus *PJ* : uisum *A*   21 debilitatur *PJ* : debilitantur *A*   uident *AJ* : uidet *P*
24 peruenit *PA* : prouenit *J*

ومن بين <الوقائع> التي تؤيد أيضاً ما قلناه، هو أنه قد يحدث أن أحداً ما ينظر إلى أشياء معروضة أمام بصره، إلى كتاب مثلاً، ويُحاوِلُ أن يرى فيه حرفاً فلا يُدركه إلا بعد فترة من الوقت. والسبب هو أن الخط المستقيم، الذي تكون عليه قوة البصر التي تؤثر فيه، لا يقع على ما يبحث عنه، فبعد أن يقع عليه، يُدرِكُه فوراً.

لو كان سبب إدراك المحسوسات ليس سوى انتقال أشكال الأشياء نحو البصر، لكانت الأشياء القريبة من البصر، على مسافة شبر أو ذراع، ودون حواجز من أجسام <واقعة> بينها وبين البصر، تصل إلى البصر أكثر وضوحاً من الأشياء البعيدة عنه في <كل> الفضاء الموجود بيننا وبين كرة النجوم الثابتة.

ولو كان <هذا> الإدراك يحصل مهما يكن من أمر دون أن نريد ذلك، لكانت جميع الأشياء المعروضة أمام البصر، دون حاجز من أجسام <موضوعة> بينها وبين البصر، تُدرك فوراً بواسطة الهواء والضوء. فكلٌّ منها سيظهر بنفسه للبصر. لكننا لا نعرف شيئاً مثيلاً. فنحن لا ندرك الأشياء إلا الواحد بعد الآخر، وما يقع على خط مستقيم مباشرة تحت الحاسة يكون أوضح بالنسبة إليها. وما يبتعد <عن هذا الخط> يبدو أقل وضوحاً للحاسة كلما ابتعد عن مركز <الرؤية المُحَدَّدِ> بهذا الخط المستقيم، إلى أن يصبح غير مُدْرَك.

وهذا <واقع> يبيّن ذلك: إذا ثبتنا النظر على حرف من كتاب دون أن نحوّل عنه أعيننا، فإنه سيظهر لنا، وسنرى أنه يحجب عنا ما يليه؛ وكلما ابتعدنا عنه، كلما أصبح هذا الحجب أقسى، إلى أن لا يظهر من جميع الأحرف سوى سواد على بياض. لكنه محال ومخالف للتجربة أن نستطيع متابعة قراءة كتاب في هذه الشروط.

والسبب في ذلك أن القوة المنبعثة من البصر كلما ابتعدت عن مركز الشيء المنظور إليه، كلما تلاشى تأثيرها في الهواء، إلى أن يتوقف عندما يتجاوز هذا البعد مسافة معينة، لكن كلما ابتعدت عن الذي يَرى، كلما امتدت وفق خطوط <تبتعد> أيضاً عن المحور(١٧) الذي يصل بين الذي يَرى والشيء المبصَر. والهواء الذي تستطيع تحويله، والذي فيه يحدث التأثير يأخذ شكل مخروط يقع رأسه عند الناظر من حيث تنبعث القوة، وقاعدته على الشيء المبصر.

---

(١٧) إن كلمة «meguar» هي نقل لاتيني للكلمة العربية «محور». وهذا النقل مألوف في ترجمات جيرار دو كريمون. انظر على سبيل المثال ترجمته لمؤلف بني موسى باللاتينية *Veba Filiorum*، في: Clagett, ed., Ibid., vol. 1: *The Arabo-Latin Tradition*, p. 336, انظر أيضاً ترجمته لمؤلف جابر بن أفلح في عدة أمكنة (الهامش رقم (٣)). إن التفسير «id est axe» الذي نراه في المخطوطتين P و A قد يعود إلى واحد من تلامذة جيرار أو إلى أحد قرائه الأوائل.

<9>

Ex eis etiam que id quod diximus uerificant est quod aspiciens res uisui suo expositas, sicut librum, fortasse inquirit eius litteram, quam non comprehendit nisi post tempus. Cuius causa existit quod rectitudo uirtutis uisus imprimentis non cadit super id quod querit, quia postquam super ipsum ceciderit, statim ipsum comprehendit.

Quod si receptionis sensibilium causa non foret nisi cursus formarum rerum ad uisum, contingeret quod res que uisui appropinquant per mensuram unius palmi aut cubiti, obstaculo corporum inter ipsas et eum non interueniente, manifestius currerent ad eum quam ea inter que et ipsum existit spatium quod est inter nos et orbem stellarum fixarum.

Quod si receptio fieret omnibus modis absque inquisitione, contingeret quod omnes res que uisui exponuntur, non interueniente inter ipsum et eas corporum obstaculo, aere et lumine inter ea mediantibus sentirentur illico. Vnaqueque enim earum per se ipsam ad eum curreret.

Nos autem hoc non taliter reperimus. Non enim comprehendimus res nisi unam post unam, sensuique manifestius existit quod sub eius rectitudine directe cadit. Quod autem ab eo elongatur secundum sensum debilitatur, et quanto magis elongatur a centro rectitudinis eius, occultatur donec non comprehendatur.

Huius autem demonstrator est quod, cum tenderimus ad litteram libri et non remouerimus oculos nostros ab ea, apparebit nobis et uidebimus illud, quod eam sequitur, ab ea occultari, et quanto plus elongabitur ab ea, uehementius occultabitur, donec ex omnibus litteris non appareat nisi nigredo in albedine. Sed ut nos cum eo libri lectionem consequi possimus, impossibile est et non repertum.

Et hoc est quod uirtus a uisu procedens, quanto magis a centro rei que aspicitur elongatur, eius impressio in aere magis occultatur, donec in latitudine finiatur. A uidente autem quanto magis ipsa elongatur, tanto plus dilatatur secundum equales lineas a meguar egrediente a uidente ad rem que aspicitur. Et fit aer, super cuius conuersionem potuit et in quo fit impressio, figure pinealis, cuius extremitas acuta existit apud aspicientem et uirtutis processionem, inferior uero, que lata est, apud rem que cernitur consistit.

<9>

7 appropinquant *PA* : appropinquat *J*   9 currerent *PJ* : concurreret *A*   23 occultari *PJ* : occultator *A*   25-26 sed ... impossibile *PA* : *mg. m. rec. J*   25 libri *PJ* : liberi *A*   lectionem *PA* : lectionum *J*   29 a uidente *PA* : audiente *J*   30 tanto plus *AJ* : *mg m. pr. P*   meguar *PAJ* : *gloss.* id est axe *add. mg. m. pr. P s. l. m. pr. A*   33 uero *PA* : *om. J*   34 cernitur *PA* : concurritur *J*

- ١٠ -

ومن بين <الوقائع> التي تذهب أيضاً في اتجاه ما قلناه، هو أن إدراك المحسوسات بالبصر يحصل بقوة منبعثة منه؛ وذلك أن الله، جل ثناؤه، قد خلق كل ما هو موجود على أعظم كمال وأعظم تلاؤم.

فقد نظَّم أعضاء الحواس وفق مقادير المحسوسات التي توافقها. فصنع <عضو> الشم بحيث ينتهي إليه مسار الجزء(١٨) الذي هو في الغاية(١٩) من النفاذ، والذي يحمل < المحسوس الموافق> . وصنع <عضو> السمع مقعراً من فوق وضيقاً من تحت، لأن الصوت ليس شيئاً آخر سوى قَرْع في الهواء، والهواء في تحركه يضرب عضو السمع. وخلق أيضاً بالطريقة نفسها <عضو> الذوق. أما بالنسبة إلى جهاز الرؤية، فقد جعله كُروياً، لكي لا يتأخر على سطحه ما يصل إليه. وجعل من مراكز جميع الحواس <الأخرى> مواضع توقف، بحيث إن ما يصل إليها يبقى فيها. لكن جهاز البصر خلقه متحركاً بحيث يستقبل(٢٠) أي شيء يُريد، وذلك بمواجهته والدوران نحوه بحركته الخاصة. لذلك، عندما نريد أن نستقبل ببصرنا شيئاً ما، نُدير أعيننا نحوه. وإذا لم نفعل ذلك، فإننا لا ندركه. بالمقابل، إن الروائح والأصوات تصل إلى سمعنا وحاسة شمِّنا، سواء إذا ابتعدنا عنها أو اقتربنا منها.

- ١١ -

ومن بين القدماء، اعتقد البعض أن شعاعات عديدة تخرج من الناظر متَّبعة خطوطاً مستقيمة وأن فسحات توجَد بين هذه الخطوط.

لكن ينتج من هذا الرأي خُلْف؛ وذلك أن تعريف الخط بالنسبة إلى من أعطى هذا الرأي وإلى <كتّاب> آخرين بارعين في الرياضيات، هو التالي: عِظمٌ يملك بعداً واحداً، أي الطول دون العرض. لكن الشعاع هو ضياء أجسام مضيئة على أجسام معتمة، <الضياء>

---

(١٨) إن الصيغة اللاتينية «partis» يمكن تفسيرها على الأرجح كترجمة غير دقيقة للكلمة العربية «جزء»، ومعناها في سياق النص هو «مكوِّن» أو «مركب» وليس «قسماً».

(١٩) من المحتمل أن الكلمات «in finede (subtili)» هي ترجمة حرفية من جيرار للصيغة العربية «في الغاية من» أو «في النهاية من» المستخدمة للتعبير عن التفضيل.

(٢٠) إن المصطلح اللاتيني «reciperet»، أي «استقبل»، لا يتلاءم مع نظرية الرؤية التي اعتمدها الكندي. انظر الفصل الثاني من هذا الكتاب، ص ١٠٥.

< 10 >

Eorum uero, que etiam significant simile ei quod diximus, uidelicet quod comprehensio sensibilium a uisu fit uirtute ab ipso procedente, est quoniam deus, cuius magna est fama, omnia condidit que facta sunt secundum quod perfectius et conuenientius fuit.

Preparauit ergo instrumenta sensuum secundum quantitatem suorum sensibilium. Fecit ergo odoratum ut ad ipsum fieret cursus in fine de subtili partis que ipsum defert. Et fecit auditus supremum concauum et infimum strictum, quoniam uox non est nisi aeris percussio, et aer currens impellit instrumentum auditus. Gustum quoque similiter condidit. Visus uero instrumentum fecit spericum, ne ad ipsum currentia supra ipsum morarentur. Omnium autem sensuum centra morantia fecit, ut ad ea currentia apud ea starent. Visus uero instrumentum mobile constituit ut quod uellet reciperet obuiando illi et inclinando se ad ipsum suo motu. Quare cum rem aliquam uisu nostro recipere uolumus, oculos nostros ad ipsam reuoluimus. Quod si non, minime eam comprehendimus. Ad auditum uero nostrum et olfatum odores et uoces perueniunt, siue ab eis recedamus, siue ad ea accedamus.

< 11 >

Antiquorum autem quidam estimauerunt quod radii plures egrediuntur ab aspiciente secundum rectas lineas inter quas existunt interualla.

Quem quidem sermonem inconueniens sequitur, quod est quia linee diffinitio apud eum qui hunc protulit sermonem, et apud alios qui in doctrinalibus sunt subtiles, est magnitudo habens dimensionem unam, longitudinem uidelicet sine latitudine. Radius uero est impressio corporum luminosorum in corporibus obscuris, a lumine nominis

<10>

3 *post* condidit *add.* opera *J* 4 quod perfectius *PA* : perfectius quod *J* 7 ipsum *correxi* : ipsam *PAJ* defert *PAJ* : *gloss.* id est in qua est *add. mg. m. pr. P* 8 infimum *P* : infinitum *A* infinium *J* 12 ad *iter. J* 16 olfatum *PA* : olofactum *J* 17 ea *iter. J*

<11>

1 plures *PA* : *mg. m. rec. J* 7 lumine nominis *PA* : luminis nomine *J*

كلمة مشتقة من الضوء(٢١) بسبب تحول العوارض الطارئة على الأجسام التي تستقبل هذا الضياء. فالضياء، مع ما يتواجد فيه كضياء، كل هذا معاً هو شعاع. لكن الشعاع الذي يُحدِث الضياء هو جسم له ثلاثة أبعاد: الطول والعرض والعمق. فالشعاع لا يتّبع خطوطاً مستقيمة توجد فسحات بينها. فلو اتبع خطوطاً مستقيمة مفصولة بفسحات، فلن يكون لأي شعاع عرض، إذ إن الخط ليس له عرض. لكنّ ما ليس له عرض لا يُدرَك، وكل ما هو مُدرَك يُرى في الوقت نفسه مع عرض امتداده. فكل ما هو مُدرك له عرض، أو أنه يُنقل بواسطة ما لَهُ عرض. لكن الخط ليس له عرض. فالخط إذن لا يُرى، كما لا يُرى ما هو منقول بالخط، إذا ما نُقل شيء بواسطته.

إذاً لا يُرى الشعاع، ويُرى الشعاع. هذا تناقض ومحال وخُلف وقبح. فضلاً عن ذلك، بما أن الخط، وفقاً لمن تمسك بهذا القول، هو كما قلنا عِظَم له بعد واحد فقط، أي طول دون عرض، ونهايتاه هما نقطتان ينتهي عندهما، وليس لأي نقطة منهما أجزاء؛ و<بما أن هذا الكاتب> قد قال في مؤلفه عن المناظر(٢٢)، إن ما يدركه البصر ليس سوى الشيء الذي يقع عليه شعاع منبث من البصر؛ وإذا كانت تنبث من البصر، كما قال، خطوط لا نهاية لها وتوجد بينها فسحات لا نهاية لها، وإذا كانت هذه الخطوط تدرك الأجسام المختلفة عندما تقع على أشياء لا تتجزأ، وفق ما يعتقده عدد من أولئك الذين أخذوا عنه هذه الفكرة، حينئذ فإن نهاية كل واحد من هذه الخطوط هو نقطةٌ تُدرك نقطة.

لكن النقطة لا تُرى، لأن لا طول لها ولا عرض ولا عمق. وما لا طول له ولا عرض ولا عمق لا يدركه البصر. فهذه الخطوط تُدرِك، إلا <أنها> تُدرك ما هو غير مُدرَك. وهذا خُلْفٌ يكون احتماله أصعب من ذلك الذي سبقه. فضلاً عن ذلك، إذا كانت هذه الخطوط تدرك نقاطاً بواسطة نهاياتها التي هي نقاط، <حينئذ>، وَبِما أنه لا يُدرَكُ إلا ما تقع هذه النقاطُ عليه، فإن <النقاط> لها إذن طول وعرض. لكن <الكاتب> المذكور وجميع الرياضيين يقولون إن النقاط ليس لها لا طول ولا عرض. وهذا خُلف أعظم من الخلف السابق.

---

(٢١) إن العبارة «a lumine nominis denominata» المحفوظة في المخطوطتين P و A يمكن تفسيرها، كما يبدو، كترجمة حرفية لتعبير عربي يتضمن إضافة وصفية مرتبطة بالكلمات المنقولة إلى اللاتينية بالعبارة «denominata et nominis»: لذلك حافظنا على هذه العبارة الصعبة الموجودة في P وA. ومما لا شك فيه أن النص العربي كان يريد القول إن كلمة «ضياء» (المنقولة بالتعبير impressio) مشتقة من «ضوء» (المترجم بالكلمة lumen).

(٢٢) في ما يتعلق بترجمة التعبير «de aspectibus»، انظر الهامش رقم (٢).

denominata propter conuersionem accidentium delatorum in corporibus illam impressionem recipientibus. Impressio igitur cum eo in quo est impressio simul est radius. Imprimens autem corpus est corpus tres habens dimensiones, longitudinem et latitudinem et profunditatem. Radius igitur non est secundum rectas lineas inter quas existant interualla. Si enim secundum lineas existeret, inter quas essent interualla, omnis radius careret latitudine, quoniam linea latitudine caret. Quod uero caret latitudine non sentitur, et omne quod sentitur simul cum latitudine sue extensionis uidetur. Omne enim quod sentitur habet latitudinem, aut in eo quod habet latitudinem deffertur. Linea uero latitudinem non habet. Non ergo uidetur linea, neque quod linea deffertur, si deffertur ea aliquid.

Radius igitur non uidetur et radius uidetur. Hoc quidem contrarium est et impossibile et inconueniens et monstruosum.

Cumque etiam linea apud eum qui hunc protulit sermonem sit sicut premisimus, scilicet magnitudo unam habens dimensionem, uidelicet longitudinem sine latitudine, cuius extremitates sunt duo puncta in quibus finitur, quorum nullum partem habet, et iam premiserit in tractatu suo de aspectibus quod uisu comprehensum non sit nisi illud super quod cadit radius a uisu procedens, tunc si quod procedit a uisu est linee infinite, quemadmodum dixit, inter quas existunt interualla infinita, et ille linee comprehendunt singularia casu earum super indiuidua, sicut putant plures eorum qui hunc sermonem ab eo receperunt, ergo finis cuiusque harum linearum est punctum comprehendens punctum.

Punctum autem non sentitur, quoniam longitudinem non habet neque latitudinem neque profunditatem. Quod autem longitudine et latitudine et profunditate caret, non sentitur uisu. Hae ergo linee sentiunt, sed quod non sentitur. Et hoc etiam est magis horrendum inconueniens.

Quod si etiam linee ille suis extremitatibus, que sunt puncta, comprehendunt puncta, eo quod non comprehendatur nisi super quod cadunt, habent ergo longitudinem et latitudinem. Is autem, qui predictus est, et omnes doctrinales dicunt quod puncta absque longitudine et latitudine existunt. Quod quidem maius est inconueniens.

9 illam *PJ* : illa *A* 10 est (*post* simul) *PA* : *mg. m. rec. J* 14-15 quoniam ... latitudine (*post* caret) *PA* : *mg. m. rec. J* 18 quod *PA* : *iter. J* 19 deffertur *P* : differtur *A* defertur *J* deffertur *P*: differtur *AJ* 20 et radius uidetur *PA* : *om. J* 21 inconueniens *PJ* : non conueniens *A* 22 protulit sermonem *PJ* : sermonem protulit *A* 24 latitudine *PA* : latitudinem *J* 26 uisu *P* : uisum *AJ* 35 uisu *PA* : uisui *J* hae ergo *P* : hee ergo *J* ergo hee *A* sentiunt *PJ* : non sentiuntur *A* 36 etiam est *PJ* : est etiam *A* 39 is *A* : his *PJ*

فضلاً عن ذلك، إذا كانت أجزاء عضو البصر متواصلة، أي < مُكَوَّنَة > من مادة واحدة، فإن القوة البصرية تكون عند ذاك في كل العضو فما هي إذن العلة التي تضع الخطوط في مخروط، في حين أن العضو الذي يضيء هذا < المخروط > هو متواصل لا توجد فيه فسحات، وأن القوة < البصرية > ليست في أحد < أجزائه > دون أن تكون في جزءٌ آخر؟

فإذا أضاء جزء من العضو في الهواء شعاعاً، ولم يُضِيءُ فيه جزءُ آخر، حينئذ يكون للجزءين قوتان مضادتان. لكن قوّة < جسم > واحد تؤدي عملية واحدة. وإذا كانت قوة العضو واحدة، وتصدر بأكملها عن مادة واحدة، فإنها حينئذ تنتج ضياءً واحداً، لا ضياءين، أحدهما يكون خط شعاع والآخر لا يكون.

وإذا قيل إن سبب ذلك هو في الهواء، حينئذ يصبح الهواء < مجموعة > خطوط < مكوّنة > من مادتين متضادتين، بعضها يستقبل الضوء والبعض الآخر لا يستقبله. لكن المضيَّ في التصور أن الهواء المنتشر[٢٣] يكون < مجموعة > خطوط مختلفة ثابتة، غير متحركة، غير منتشرة، وأن نهاية كل خط من هذه الخطوط ستكون ثابتة في نقطة وأن هذه النقطة تنحو نحو مركز جهاز البصر لكل مراقب، إلى أن تلتقي به مثلما ينحو الحديد نحو المغناطيس: هذا شيء مثير تماماً للسخرية، وسيهزأ منه كل من يسمعه.

وإذا كان معنى قول هذا < الكاتب > أن الأشعة تخرج من الناظر متّبعة خطوطاً مستقيمة، أي وفق استقامة الخطوط المستقيمة، وأن الشعاعات لها عرض، حينئذ، إذا كان هذا القول صحيحاً، سيتبين لنا أن القول الذي بموجبه توجد فسحات بين الشعاعات ليس صحيحاً، بسبب الخلف الذي ينتج منه.

وهذا الخُلف هو: إذا خرجت من الناظر شعاعات عديدة توجد بينها فسحات، فإن من ينظر إلى الكتاب يرى عدة أحرف توجد بينها فسحات في عدة مواضع، ولا يرى ما هو موجود في الفسحات التي بينها، لأنه لا يوجد شعاع يقع في هذه < الفسحات > .

لكننا لا نرى بهذه الطريقة، بل بالطريقة التي ذكرناها من قبل، عندما تكلمنا على ذلك الذي ينظر إلى أحرف في كتاب. فنحن لا نرى سوى موضع واحد يكون واضحاً بالنسبة إلينا، وهو الذي يكون على الخط المستقيم من مركز رؤيتنا. وكلما ابتعدنا عنه، قَلَّ وضوحُ ما نراه بطريقة

---

(٢٣) إن الكلمة اللاتينية «inundans» تبدو ترجمة غير موفقة من جيرار للمصطلح العربي الذي يجب أن يميز الهواء بخاصة انتشاره في كل الفضاء المتوفر له. فالحجة التي طورها الكندي تتمثل بأن يضع خاصة الهواء في أن يكون وسطاً متواصلاً في مواجهة الفرضية التي بموجبها يكون الهواء نفسه سبب اتّباع الأشعة البصرية لخطوط منفصلة بفسحات، أي بمجالات فارغة.

Si autem etiam partes instrumenti uisus sunt continue, scilicet ex una substantia, tunc uirtus uisibilis est in toto instrumento. Que ergo est causa que fecit pinealem lineas, cum instrumentum eam imprimens sit unum continuum in quo non sunt interualla, et uirtus non sit in quadam absque alia?

Si ergo pars instrumenti imprimit in aere radium, et pars non imprimit, tunc uirtus duarum partium est diuersa. Virtus enim unius unum perficit opus. Quod si uirtus instrumenti est una et totum eius ex una existit substantia, ergo unam perficit impressionem in eo, in quo impressionem facit, et non duas impressiones quarum una sit linea radii et altera non sit radii.

Quod si dixerit quod causa existit in aere, ergo aer erit linee ex duabus diuersis substantiis, quarum quedam recipiunt lumen et quedam non recipiunt. Hoc autem scilicet ut putetur quod aer inundans sit linee diuerse stantes, non mote et non inundantes, et quod extremitas cuiusque illarum linearum sit fixa supra punctum, et punctum illud inquirat centrum instrumenti uisus cuiusque aspicientis, donec ipsum contingat, quemadmodum ferrum inquirit lapidem magnetem, est ualde turpe et de quo omnis, qui audierit, rideat.

Quod si intentio sermonis eius est quod radii egrediuntur ab aspiciente secundum rectas lineas, scilicet secundum rectitudinem linearum rectarum, et quod radii habent latitudinem, tunc si sermo hic est uerax, sermo quo dicitur quod inter radios sunt interualla non uerax inuenitur propter inconueniens quod ipsum sequitur.

Hoc est si radii plures, inter quos sunt interualla, egrediuntur ab aspiciente, aspiciens in libro uidet plures litteras inter quas sunt interualla in pluribus locis, neque uidet illud quod est in interuallis que sunt inter eas, eo quod radius supra ea non cadat.

Nos uero hoc taliter non uidemus, sed intuemur ipsum quemadmodum premisimus prius, ubi locuti fuimus de aspiciente litteras libri. Nos enim non uidemus nisi locum unum nobis manifestum, qui est rectitudo centri uisus nostri. Et quanto magis elongatur ab eo, magis occultatur secundum equalitatem in spatio,

44 lineas *P* : lineam *AJ* instrumentum *PA* : instrumento *J* 49 *post* totum *add.* esse *J* 50-51 in eo ... impressiones *PA* : *mg. m. rec. J* 51 facit *PJ* : fecit *A* 53 aer erit *PA* : *corr. m. rec. ex* aerit *J* 54 duabus *PJ* : duobus A diuersis substantiis *PJ* : substantiis diuersis *A* 56 non (*ante* inundantes) *PA* : *exp. J* inundantes *PJ* : in mundantes *A* extremitas *PA* : extremitates *J* 59 magnetem *PA* : magmem (?) *J* 62 secundum (*ante* rectas) *PA* : *mg. m. rec. J* 63 rectarum *PJ* : uel rectarum duarum *A* 68 in (*post* est) *PA* : *om. J* 69 cadat *PJ* : cadit *A*

متساوية في الفضاء[٢٤]، إلى أن لا نرى إلا سواداً على بياض. فهذا القول مثير للسخرية تماماً.

مع ذلك، ينبغي ألا نحكم بشكل سيّىء على قول هذا <المؤلف>، وألا نعتبره خطأً، لأننا نعرف أنه يحتل مرتبة بارزة في هذا العلم، وأنه كان أحد أسباب ما اكتسبناه من معارف ممتازة؛ على العكس من ذلك يجب التعامل معه إيجابياً ووضع قوله في السبيل الصحيح. إذ إن هذا السبيل، فضلاً عن ذلك مفتوح أمامنا.

أقول إذن: نستطيع أن نسلّم أن كاتب هذا القول أراد أن يقول إن الشعاع يخرج من العين متبعاً خطوطاً مستقيمة لا نهاية لها توجد بينها فسحات، وهذا يعني أن حدود المخروط المضاء في الهواء بالقوة البصرية تتم وفق استقامة الخطوط المستقيمة التي توجد بينها فسحات.

فإذا أخرجنا، من نقطة <بمثل حجم حبة> خردل، خطوطاً مستقيمة، فتخرج منها خطوط لا نهاية لعددها. وبما أنها تخرج على استقامة إلى ما لا نهاية، فإنه توجد مجالات في ما بينها. فإذا لم يكن هناك مجال في ما بينها، <فذلك لأنها> تكون متناهية. إذاً وفق هذا السبيل، <إن ما قاله هذا الكاتب> هو صحيح، ومن المفضل أيضاً بالنسبة إلينا أن نقدره صحيحاً.

وأحد أولئك الذين أخذوا هذا القول من ذلك الذي نادى به ـ وبعد أن أوصلنا هذا الأخير إلى خلف <للأسباب> التي ذكرناها ـ اعتقدَ أنه يَقيهِ من هذا الخلف قائلاً إن أياً من الشعاعات التي توجد في ما بينها فسحات لا يدرك الأشياء المُبصَرة، ما عدا شعاع واحد.

لكنه لم يُلاحظ أنه عندما أراد انتزاع هذا <الكاتب> من خُلْف، فإنه أوقعه في خلف أكثر خزياً، أو مشابهٍ له. وهذا الخُلف هو أن هذا <الكاتب> وأولئك الذين أخذوا عنه الفكرة القائلة أنه توجد فسحات بين الشعاعات المذكورة الخارجة من البصر، يسلّمون أن شعاعات البصر المذكورة لا تُدرَك. لكن وجود[٢٥] ما لا يُدرَك لا يُعرف إلا من أفعاله، أي من ضيائه حيث تكون عنده القوة لكي يُضيء. وبما أنه لا توجد في الشعاعات قوة فعل، وبما أنها هي نفسها لا تُدرَك، فما الذي يجعل ضرورياً <أن نؤكّدَ> أن مخروطاً يخرج من العين، إذا كان ما يُـدرِك هو خط شعاع واحد، كما قال؟ أو إذا لم يكن هناك شيء يجعل ذلك ضرورياً، فما هي الحجـة المنطقيـة فـي أن يكون ذلك ضرورياً؟ فإما أن يكون شعاع العين خطاً واحداً

(٢٤) لقد ترجمنا من اللاتينية بأقرب ما يكون عبارة «secundum equalitatem in spatio»، وتجنبنا ترجمة أكثر تصرفاً مثل «بطريقة متناسبة مع الابتعاد»، وذلك لنشير إلى الصعوبة التي واجهها جيرار في نقل مفهوم التناسب. إن كلمة «equalitas» تشير إلى انتظام التناقص في وضوح الإدراك بمقدار الابتعاد عن مركز الرؤية.

(٢٥) إن الكلمة اللاتينية «essentia» هي ترجمة غير صحيحة من جيرار، لمصطلح عربي يعني «الوجود» لا «الجوهر»، كما يبين ذلك سياق النقاش.

donec non uideatur nisi nigredo in albedine. Hic ergo sermo ualde deridendus est.

Oportet autem ne de sermone huius mala extimemus, neque ipsum ad errorem comparemus, cum ordinis eius bonitatem in hac arte sciamus, et quod ipse est de causis nostris que bonas res nos scire fecerunt, sed cogitemus de ipso bona et conuertamus eius sermonem ad semitam bonam, cum ad hoc nobis pateat item.

Dico igitur quod stare potest ut sit intentio dicentis hunc sermonem, quod ab oculo egreditur radius secundum lineas rectas infinitas, inter quas existunt interualla, scilicet figure pinealis in aere a uirtute uisibili impresse fines secundum rectitudinem linearum rectarum tendunt, inter quas sunt interualla.

Si enim a puncto sinapis linee recte protraherentur, egrederentur ab eo linee in multitudine infinite. Et quia infinite progrediuntur, ergo inter eas sunt spatia. Nisi enim inter eas essent spatia, ipse finite essent. Secundum hanc igitur semitam uerum est, et melius etiam nobis est, ut uerum extimemus.

Quidam uero eorum qui hunc sermonem a dicente ipsum receperunt, postquam ex eis, que diximus, ad inconueniens perductus est, putauit se eum tueri ab hoc inconuenienti dicens : nullus radiorum, inter quos sunt interualla, comprehendit uisibilia, nisi radius unus.

Qui quidem ignorauit quod, uolens eum ab inconuenienti eripere, perduxit eum ad turpius inconueniens aut ei simile. Quod est quoniam ipse et qui ab eo receperunt quod inter radios predictos a uisu egredientes existunt interualla, concedunt quod radii uisus, qui predicti sunt, non sentiuntur. Eius uero quod non sentitur, essentia non scitur nisi ex operibus eius, scilicet ex impressione eius in eo in quo imprimendi habet uim. Et postquam radiis non inest uis operandi, et ipsi non sentiuntur, quid est ergo quo fit necessarium ut figura pinealis ab oculo egrediatur, cum non sentiat nisi una radii linea, quemadmodum dixit? Aut si non est quo fiat necessarium, quid est conuenientius ut sit necessarium ? Hoc est ut aut radius oculi sit una linea ab oculo

75 non *PA* : *mg. m. rec. J* 78 comparemus *AJ* : compareremus *P* 79 que *AJ* : ex que *P* bonas *PA* : bona *J* nos *AJ* : *om. P* 87 egrederentur *PA* : eggredientur *corr. ex* eggredientibus *J* 89 eas *PJ* : ea *A* 96 quod *PJ* : que *A* 99 egredientes *J* : egrediente *PA* 2 habet uim *PJ* : uim habet *A* et ipsi *PA* : *om. J*

خارجاً من العين، لأنه بالنسبة إلى هؤلاء < الناس > لا نجد شعاعاً إلا على خط واحد؛ وإما إذا كان ضرورياً أن يكون ذلك الشعاع مخروطاً، فلأن الحاسة من دون أي شك تدرك شعاع هذا المخروط أو تأثير فعله، ولا تدرك شكلاً أسطوانياً أو مكعباً أو كروياً أو أي شكل بصورة أخرى.

لدينا هنا إذن خُلْف لمن يؤكد < وجود > شيء لا يُدركه، أو يكون فعله الخاص غير مثبت لديه، وكذلك تأثيره ومدلوله. فَخُلف أولئك الذين يفرضون < وجود > ما لا يُدرَك، ولا يُثبَت بفعله، ولا يُدلّ عليه بتأثيره، أعظم من الخلف الذي < أرادوا > انتزاع هذا < الكاتب > منه، أو شبيه به[٢٦]. فهؤلاء أيضاً حولوا صناعة البرهان إلى < صناعة > الاحتمال، وهذا مثل علم البلاغة والشعر.

< والكتّاب > أنفسهم قد اعتقدوا أيضاً وكتبوا أن الشعاع الوحيد الذي يُدرك حسب قولهم، الأشياءَ المبصَرةَ هو محور المخروط الخارج من البصر، أي الخط العمودي في مركزها على الدائرة التي هي قاعدة المخروط. وفي الوقت نفسه قالوا في كتبهم إن ما هو موجود في مركز الدائرة التي هي قاعدة المخروط يُرى أكثر وضوحاً، وإن ما هو أقرب من هذا المركز يُرى أكثر وضوحاً مما

---

(٢٦) يبدو لنا أن نصّ هذا المقطع يشير إلى بعض الصعوبات التي واجهها جيرار في ترجمة نموذجه العربي، الذي قد يكون مشوهاً في المخطوطة المتوفرة لديه. إن قواعد النحو لكل من الجملتين اللتين تبدآن بالعبارتين «Ergo inconveniens» و «Est ergo inconveniens» هي غير مُطَبَّقة بشكل صحيح: فقد كنا ننتظر، على سبيل المثال، «cuius operatio» عوضاً من «sua operatio» وكذلك «cuius impressio» عوضاً من «sua impressio»، وفي الجملة الثانية «sua operatione» عوضاً من «sue operationi» وكذلك «sua impressione» عوضاً من «sue impressioni». وإذا تقيَّدنا بالمعنى، فإن الترجمة بواسطة «significatio» تبدو أيضاً غير موفقة: فالكلمة العربية المترجمة على هذا الشكل كان لها على الأرجح معنى قريب من «attestatur» (نستطيع مقارنة استخدام «significatio» من قبل جيرار مع استخدام «significant» في السطر الأول من القضية ١٠، التي معناها ليس بعيداً عن معنى «verificant» في السطر الأول من القضية ٩ أو في المقطع ما قبل الأخير من القضية ٨). أخيراً، نشير إلى أن كلاً من الجملتين تكرّر الأخرى جزئياً؛ والأولى تبدو غير كاملة وليس لها فعل أساسي؛ ولذلك ينبغي إدراجه < Est > ergo » inconveniens». نشير أيضاً إلى الانتقال من المفرد في الجملة الأولى «eius qui dixit» إلى الجمع في ما يلي «tenentium, eripuerunt»، في حين أن المقصود في ما سبق هو كاتب واحد كان يحاول شرح أقليدس.

إن تفسير جزء من الصعوبات يبدو ممكناً انطلاقاً من الملاحظة بأن الكلمات التالية الواردة في المخطوطة P، وهي: «ergo inconveniens eius qui dixit illud quod non sentit aut sua operatio non attestatur ei aut sua impressio aut eius significatio est» موجودة في ملاحظة على الهامش (مكتوبة باليد الأولى). لذلك فمن المحتمل أن يكون لدينا في هذا المقطع ترجمة مزدوجة لجملة عربية واحدة: تبدأ الأولى بالكلمات «Est ergo inconveniens tenentium»، والأخرى بالكلمات «Est ergo inconveniens eius qui dixit». وهذه الترجمة الأخيرة تمثل محاولة تصحيح (أو اقتراح ترجمة أخرى) قام بها إما جيرار نفسه أو أحد زملائه. والمخطوطة P وحدها تعطي إحدى الترجمتين على الهامش. أما نساخ المخطوطات الأخرى فقد أدرجوها في النص دون فهم (وهذا ما يبيّن من وجهة نظرنا قيمة P). هذا الشرح لا يحل صعوبات قواعد لغة النص اللاتيني، لكنه يوحي أن النص العربي قد بدا قليل الوضوح لجيرار. وعوضاً من تصحيح النص اللاتيني لجيرار، وهذا يتطلب إعادة كتابته بأكمله، فقد تركناه على حاله، مع لفت انتباه القارىء إلى تفككه.

egrediens, postquam apud eos non reperitur radius nisi in una linea, aut si necesse fuit ut sit pinealis, quia sine dubio sensus comprehendit radium pinealis ipsius aut impressionem operationis eius, et non comprehendit figuram columneam aut cubicam aut spericam aut alterius figure.

Ergo inconueniens eius qui dixit illud quod non sentit, aut sua operatio non attestatur ei, aut sua impressio aut eius significatio. Est ergo inconueniens tenentium quod non sentitur, aut sue operationi attestatur et sue impressioni significatur, maius inconueniente a quo eum eripuerunt aut ei simile. Ipsi quoque fecerunt artem demonstratiuam probabilem, sicut est ars rethorica et metrica.

Ipsi etiam extimauerunt et in suis scriptis reliquerunt quod radius unus, quem dicunt comprehendere uisibilia, est meguar pinealis a uisu egredientis, scilicet linea que est perpendicularis super centrum circuli qui est basis pinealis. Et cum hoc in suis locis dixerunt quod illud, quod est in centro circuli, qui est basis pinealis, uidetur manifestius, et quod huic centro existit uicinius uidetur manifestius eo quod ab eo magis elongatur, ac si ipsi obliti fuissent unius eorum que dixerunt post aliud et quorum in suis scriptis declarationem apposuerunt.

7 reperitur *PA* : operatur *J*   7-8 aut si *A* : *corr. ex* aut sit *P* aut sit *J*   8 fuit *PA* : *om. J*   *post* pinealis *add.* id est radius *J*   9 *post* radium *add.* fortune *J*   12-13 ergo ... significatio est *A* : *mg. m. pr. P* ergo ... significatio *J*   12 qui dixit *PA* : quia dixit *J*   quod non *J* : qui non *PA*   14 sentitur *PA* : sentiatur *J*   operationi *PA* : comparationi *J*   18 in *PA* : *mg. m. rec. J*   23 huic *PA* : huc *J*

هو أبعد عنه، وكأنهم نسوا أحد الأشياء التي قالوها في ما بعد والتي قدموا لها البرهان في كتاباتهم.

فإذا كان الشعاع هو الخط الوحيد الذي هو العمود الساقط في مركز الدائرة التي تتضمن قاعدة المخروط، حينئذ لا نرى شيئاً سوى مركز هذه الدائرة. فهم أنفسهم الذين فرضوا سابقاً أن ما يقع عليه الشعاع يُدرَكُ بالبصر، وما لا يقع عليه لا يُدرك قطعاً. فإذا كانت مواضع أخرى غير مركز الدائرة تُدْرَكُ، حينئذ لا يكون الشعاع الذي يُدْرِكُ المبصرات خطاً وحيداً.

ومما قالوا نستنتج إذن أن ما يُدرك المبصرات ليس سوى خط وحيد، وأن ما يُدرك المبصَرات هو عدة خطوط، وأيضاً أن ما يُدْرَك بالبصر ليس سوى نقطة وحيدة أو موضع وحيد، وأن ما يُدرك بالبصر هو عدة نقاط أو عدة مواضع. وهذا بالتأكيد في تناقض تام.

ـ ١٢ ـ

هؤلاء الناس اعتبروا أنهم أنجزوا دراسة المسألة التي تهدف إلى <معرفة> لماذا يُدْرِك البصر ما هو في مركز الدائرة التي تتضمن قاعدة مخروط الشعاع الخارج من <عضو> الرؤية، بشكل أوضح مما هو خارج المركز؛ و<اعتقدوا> أنهم قدموا برهاناً لذلك، لأنه غاب عنهم علم البرهان وما ينتج منه برهان.

فقد قالوا إن الشعاع القائم في مركز الدائرة التي تتضمن قاعدة المخروط كان عمودياً في هذا المركز. ومن جهة أخرى، إن خط أي شعاع موجه نحو موضع غير المركز هو خط قطري، يوتر الزاوية القائمة المحصورة بين خط الشعاع المقام في المركز والخط الذي يصل بين المركز والنقطة الأخرى التي يتوجه نحوها هذا الشعاع الآخر. لكن الخط القطري أعظم من الضلع. فالشعاع المتجه نحو نقطة ما غير المركز هو أعظم من الشعاع الخارج نحو المركز. إذاً إن النقطة خارج المركز هي أبعد عن البصر، وكلما ابتعدت عن البصر، كلما كان الشعاع الذي يقع عليها أكثر ضعفاً، ويُرى أقل وضوحاً.

<وتكلّموا> وكأن هذه القضية فورية البرهان، وهي أنه عندما يطول الشعاع فإنه يُدرِك بشكل أضعف، وعندما يقصر[٢٧] يُدرك بشكل أوضح، أو <كأن> ما شرحوه سابقاً كان قضية فورية البرهان.

لكن هذه القضية ليست صحيحة؛ بل على العكس من ذلك، إن خطأها جلي. فمن الواضح بالنسبة إلى أولئك الذين يتّبعون مبادىء الطرق الطبيعية، أن ما يُدرك بالبصر بغض النظر عن المسافة هو اللون، وأن الأشكال هي حدود الألوان.

---

(٢٧) إن الكلمة اللاتينية «appropinquat» هي ترجمة غير موفقة للمصطلح العربي الذي يعني بوضوح «يقصر».

Si enim radius est linea una, que est perpendicularis cadens supra centrum circuli continentis basim pinealis, tunc nichil uidetur nisi circuli centrum. Ipsi namque premiserunt quod illud, super quod cadit radius, uisu comprehenditur, et super quod non cadit, minime comprehenditur. Quod si loca preter centrum circuli comprehenduntur, ergo radius comprehendens uisibilia non est linea una.

Ex dictis igitur eorum colligitur ut comprehendens uisibilia non sit nisi linea una, et comprehendens uisibilia sit linee plures, et etiam non sit comprehensum uisu nisi punctum unum aut locus unus, et uisu comprehensa sint puncta plura aut loca plura. Et hoc quidem magis contrarium est.

< 12 >

Hii autem extimauerunt se iam perduxisse questionem ad finem, scilicet quare uisus comprehendit quod est in centro circuli basim pinealis continentis radii egredientis a uisu manifestius eo quod est preter centrum, et quod dederunt super hoc demonstrationem, eo quod demonstrationis scientia et ex quo proueniat demonstratio eis defuit.

Dixerunt enim quod radius supra centrum circuli pinealis basim continentis erectus perpendicularis super centrum existit. Et omnis linea radii directi ad locum, qui est preter centrum, est diametrus angulo recto subtensa, qui a linea radii super centrum erecti et linea coniungente inter centrum et notam aliam, ad quam alius dirigitur radius, continetur. Diametrus autem est latere maior. Radius igitur ad quamlibet notam preter centrum directus est maior radio ad centrum producto. Interuallum igitur note, que est preter centrum, magis elongatur a uisu, et quanto plus elongatur a uisu, cadit super eam radius debilior et uidetur magis occulta.

Ac si hec propositio foret absque medio, scilicet quod cum radius elongatur, debilius comprehendit, et cum appropinquat, manifestius comprehendit, aut illud quod prius declarauerunt esset propositio absque medio.

Hec autem propositio non est uera, immo eius falsitas patet. Manifestum namque est apud eos qui secundum principia naturalium uiarum gradiuntur, quod comprehensum uisu absque latitudine est color, et figure sunt fines colorum. Si ergo quod uisus comprehendit,

28 premiserunt *P* : premisserunt *J* permiserunt *A* 35 quidem *PJ* : quod *A*

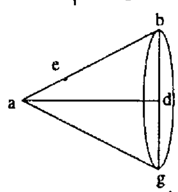
<12>

5 defuit *P* : desinit *A* deficit *J* 9 a linea *PJ* : aliam linea *A* 11 *ante* radius igitur *add.* si *J* 14 cadit *P* : *iter. A* cadet *J* 16 ac *PJ* : hac *A* propositio *PJ* : proportio *A* *ante* foret *iter.* ac *J* absque medio *PA* : absque id est per se nota medio *J* 19 absque medio *PAJ* : *gloss.* id est per se nota *add. mg. m. pr. P*

إذاً، فما يدرك البصر، أي اللون، إذا كان إدراكه بالشعاع أكثر فأكثر ضعفاً، فإنه يمتنع عن الرؤية أكثر فأكثر كلما ابتعد عن البصر، فإن <الجسم> الملون الذي يقع تحت مركز الرؤية، أي الموجود في مركز الدائرة التي تتضمن قاعدة مخروط الشعاع، يُرى أقل وضوحاً مما هو خارج المركز، إذ إن المسافة بين البصر وما هو في المركز هي جزء من أجزاء المسافة <بين البصر و> ما يقع خارج مركز الرؤية.

وسأعطي مثالاً عن ذلك، فأقول: لنفرض أن خط شعاع، أكثر طولاً، يَرى الشيء أقل وضوحاً؛ ليكن البصر حينئذ في a، ولتكن قاعدة مخروط الشعاع في النقطتين b وg؛ وليكن d مركز القاعدة؛ وليكن الخط ad الشعاع على d؛ وليكن المخروط المحصور بين الخطين ab و ag. أحذف من الخط ab الخط ae، الذي أفرضه <مساوياً> لجزء من الخط ad.

الشكل رقم (٧)



حينئذ، فإن جسماً موضوعاً في النقطة e يُرى أوضح من جسم موضوع في النقطة d. لكن هؤلاء الناس قد فرضوا سابقاً أن ما هو موضوع في مركز الرؤية يُرى أوضح مما هو خارج <المركز>. <فالجسم المذكور> إذن <يُرى> أوضح ولا <يُرى> أوضح. وهذا متناقض ومحال.

فضلاً عن ذلك، إن ما هو بعيد مقدار ذراع عن مركز الرؤية لا يُرى بوضوح[٢٨] مثلما يُرى ما هو موجود في مركز <الرؤية> على كرة الكواكب الثابتة، أو، بالأحرى، ما هو أقرب من المركز.

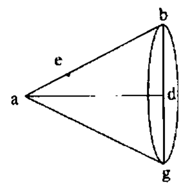
فطول الشعاع ليس السبب الذي يجعل ما هو في مركز الرؤية، أو ما هو غير موجود في مركز الرؤية، يظهر للبصر؛ وإن ما يعتبره <هؤلاء الناس> برهاناً ليس ببرهان، كما بيّنّا ذلك. وسبب هذا الواقع هو ما سنثبته، إن شاء الله.

---

(٢٨) إن الكلمة اللاتينية «declaratione» هي على الأرجح ترجمة غير صحيحة من جيرار للكلمة العربية «بيان» التي لها معنيان، الأول هو «وضوح» أو «نقاوة» الصورة، والثاني هو «التأكيد» أو «البرهان». إن كلمة «declaratio» تشير جيداً في اللاتينية الكلاسيكية إلى عملية العرض بوضوح، لكن هذا المعنى غير مألوف في القرون الوسطى.

uidelicet color, quanto magis elongatur ab eo, debilius a radio comprehenditur et apud eum magis occultatur, tunc coloratum cadens sub centro uisus, scilicet stans in centro circuli continentis basim pinealis radii, uidetur magis occultum eo quod est extra centrum, cum spatium eius quod est supra centrum a uisu est pars partium interualli cadentis extra centrum uisus.

Cuius exemplum ponam. Dico ergo, si linea radii longior uidet rem magis occultam, sit tunc uisus apud *a* et basis pinealis radii sit apud duas notas *b* et *g*, sitque basis centrum *d*, et radius cadens supra *d* sit linea *ad*, et sit pinealis contenta a duabus lineis *ab ag*. Separabo autem ex linea *ab* lineam *ae*, et ponam ipsam partem linee *ad*.



Corpus igitur stans apud notam *e* uidetur manifestius corpore stante apud notam *d*. Ipsi autem iam premiserunt quod stans sub centro uisus manifestius uidetur eo quod est preter ipsum. Ergo est manifestius et est non manifestius. Quod quidem contrarium est et impossibile.

Nec etiam uidetur quod elongatur a centro uisus cubito uno equale in declaratione ei quod in orbe stellarum fixarum stat sub centro, nedum ei quod eo est propinquius.

Non est ergo causa manifestandi uisui quod est sub centro uisus, magis quam manifestandi quod non existit sub centro eius longitudo radii, neque quod eius demonstrationem extimant est demonstratio, quemadmodum ostendimus. Huius autem causa est quod nos demonstrabimus, si deus uoluerit.

30 cuius *PA* : eius *J* ergo *PA* : *om. J* linea *PJ* : lineam *A* 31 occultam *PJ* : occultum *A* sit (*ante* tunc) *PA* : fit *J* 33 et sit *PJ* : quia sit *A* 37-38 et est non manifestius *PA* : *om. J* 39 nec *PJ* : hec *A* 40 declaratione *PA* : declinatione *J* 41 ei *AJ* : eo *P*

فأقول إذن إننا لا نرى إلا في الأماكن المعتمة أن لوناً لا يُدرك أبداً، إلا إذا دخل إليها الضوء. فإذا كان الضوء شديداً، فإن اللون يكون أوضح رؤية، وإذا كان ضعيفاً يكون اللون أقل وضوحاً. وبالطريقة نفسها أيضاً نرى أن بصراً أقوى يرى اللون أوضح، وأن بصراً أضعف يرى اللون <كأنه> مَمْحُوٌّ. وبالنسبة إلينا، فإنّ البصر الذي نسميه أقوى هو الذي يتمم عمليته تماماً، و<البصر> الضعيف هو الذي يكون فعله غير تام.

فإذا كان معروفاً بشكل جيد لديهم ولدينا ولدى جميع العلماء[٢٩] أن فعل البصر هو في تحويل ما يظهر لجزء عضو البصر الذي يأخذ اسمه من كرة التحويل، حينئذ فإنّ الشعاع البصري الذي يملك القوة الأكبر للقيام بهذا التحويل يُدرك بشكل أقوى <الجسم> المرئي. والشعاع البصري الذي هو أضعف من أن يقوم بهذا، يُدرِك بشكل أضعف <الجسم> المحسوس. إذاً، فإن بصراً أكثر قوة يقوم بتحويل كامل. فهو يُنتج شعاعاً كاملاً، أي قوياً. وإذاً فإن بصراً ضعيفاً يُنتج عكس ذلك. لذلك فإن الجسم الذي يقع عليه شعاع أقوى يُدرك بشكل أوضح، والذي يقع عليه <شعاع> أضعف يُدرك بوضوح أقل.

فأقول إنه في مركز الرؤية يقع الشعاع الأقوى. لهذا السبب فإنّ ما هو موجود فيه يُرى أوضح. ثم، على ما هو أقرب إليه يقع شعاع أقوى من الشعاع الذي يقع على ما هو أبعد عنه. لذلك <ما هو أقرب> من المركز يرى أوضح مما هو أبعد.

- ١٣ -

وسأبين ذلك أيضاً بعد أن أثبت أن الأجسام المضيئة تملك القدرة على تحويل الهواء الذي يكتنفها، أي أنها تضيء كل ما هو موجود في المنطقة التي تستطيع إضاءتها.

فأقول إن هناك أمراً واحداً من أمرين: إما أن الجسم المضيء ينير الجسم الذي يقع عليه الضوء، بتحويل الهواء الذي يكتنفه، بحيث يصل إلى الجسم الذي يقع عليه الضوء وينيره؛ وإمّا أنه، كما اعتقد هؤلاء الناس، توجد خطوط شعاعات خارجة من الجسم المضيء، مفصولة بفسحات، وتصل إلى الجسم الذي تضيئه وتقع عليه. وإذا خرجت خطوط من الجسم المضيء، فهي بالضرورة إما أن تكون وكأنها تخرج من مركزه، أي أنها تقطع سطح <الجسم>

---

(٢٩) لقد رأينا أن جيرار يستخدم كلمة «doctrinalis» للإشارة إلى علم الرياضيات الذي يشكل علم المناظر جزءاً منه. انظر الهامش رقم (١).

Dico igitur quod nos uidemus in locis obscuris numquam colorem comprehendi nisi in eis adueniat lumen. Si ergo lumen fuerit forte, erit color manifestior, et si fuerit debile, erit color occultus. Similiter quoque uidemus quod quicumque uisuum est fortior, uidet colorem manifestius, et quicumque est debilior, uidet colorem magis occultum. Visus autem apud nos nominatus fortior est qui operationem perfectam efficit, debilis uero cuius effectus non est perfectus.

Si ergo per se notum est apud eos et apud nos et apud omnes doctrinales, quod effectus uisus est ut conuertat id quod obuiat parti uisibilis ex spera conuersionis nominate, radius tunc qui uisuum super illam conuersionem est potentior, fortius comprehendit suum uisibile. Et debilior eo in conuersione illa debilius comprehendit suum sensibile. Potentior ergo uisus conuersionem efficit perfectam. Ipse igitur efficit radium perfectum, scilicet fortem. Debilis ergo huius efficit contrarium. Corpus ergo, super quod cadit radius fortior, comprehenditur manifestius, et illud, super quod debilior cadit, occultius comprehenditur.

Dico ergo quod super centrum uisus cadit radius fortior. Quapropter quod in eo est manifestius uidetur. Deinde super id quod est ei propinquius, cadit radius fortior eo qui cadit super id quod magis elongatur ab eo. Quare manifestius uidetur eo quod ipso magis elongatur a centro.

< 13 >

Hoc quoque ostendam, postquam demonstrauero quod corpora luminosa sua uirtute conuertunt aerem ab eis contentum, uidelicet illuminant totum quod est usque ubi illuminare habent.

Dico ergo impossibile esse quin corpus luminosum illuminet corpus super quod cadit lumen, conuertendo quod ex aere ab eo continetur, donec perueniat ad corpus super quod cadit lumen, et illuminet ipsum, aut sint, quemadmodum ipsi putauerunt, egredientes ab eo linee radii inter quas existunt interualla, donec perueniant ad corpus illuminandum et cadant super ipsum. Quod si ab eo egrediuntur linee, impossibile est quin ipse sint quasi egrediantur a centro corporis luminosi, id est secent

47 colorem *AJ* : colore *P* 51 et quicumque *PJ* : quia quecumque *A* 52 uisus *AJ* : uisum *P* perfectam *PAJ* : *gloss.* id est completam *add. mg. m. pr. P* 57 fortius *PJ* : citius *A* 58 eo *PJ* : est *A* 66 qui *AJ* : quod *P* 67 ab eo *PA* : *corr. mg. ex* a centro hoc quoque eo *J*

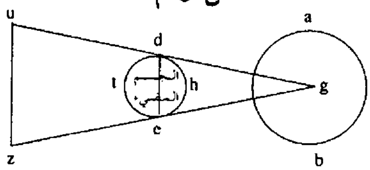
<13>

1 ostendam *PA* : extendam *J* 7 sint *C Björnbo* : sit *PAJ* 8 existunt *PJ* : exeunt *A*

المضيء بزوايا متساوية، أو أنها، إذا لم تكن هذه هي الحالة، تقطع <السطح> بزوايا غير متساوية. وإذا قطعت <السطح> بزوايا غير متساوية، فإن الخطوط تكون إما متوازية، وإما غير متوازية.

سأبيّن إذن أنه من المحال أن يكون الضوء الخارج من الجسم المضيء مثل خطوط خارجة من مركزه.

الشكل رقم (٨)



مثال ذلك أن نفرض الدائرة ab ومركزها g هو جسم مضيء؛ والدائرة de جسم مضاء. وليكن الخطان gdu وgez خطين يخرجان <من الجسم المضيء> ويمسان[٣٠] أطراف الجسم المضاء.

إذاً إن جزء الجسم de الذي يقع عليه الضوء هو الجزء dhe، والجزء المعتم هو الجزء dte. لكن الجزء الذي لا يقع عليه الشعاع ليس مضاءً. إذاً يكون الجزء المحصور بالنقاط udtez هو الظل، وهذا الظل يغطي de وuz وفق خطين متوازيَيْن، بحيث يكون المثلثان ugz وdge متشابهين. فنسبة uz على ug تساوي نسبة de على dg. لكن ug أعظم من dg. فيكون uz أعظم من de. إذاً فظل جسم، أيّاً كان، يَعْظُم ويتسع بقدر ما يبتعد عنه، سواء أكان الجسم المضيء أعظم أم أصغر أم مساوياً <للجسم المضاء>، وهو يمتد إلى ما لا نهاية.

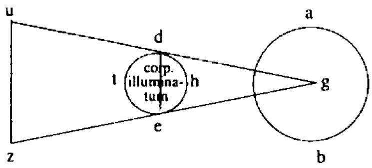
لكننا ندرك العكس. إذ إنه عندما يكون الجسم المضيء أعظم من <الجسم> المضاء، فإن الظل يضيق، بحيث يأخذ شكل مخروط[٣١] ويتوقف: وهذا ما ندركه فِعلاً. وعندما يكون <الجسم> المضيء أصغر من <الجسم> المضاء، فإن الظل يتسع. وعندما يكون مساوياً له، لا يتسع الظل ولا يضيق، بل يكون بين خطوط متوازية. فليس ممكناً أن يكون الضوء الخارج من الجسم المضيء خطوطاً تقطع سطحه بزوايا متساوية. وذلك ما أردنا أن نبين.

(٣٠) في المفردات الرياضية لجيرار، يعني الفعل «contingere» عادة عبارة: «يكون مماساً». لكن، وبما أنه مرفق بالكلمة «fines» التي ليس لها هنا قيمة علمية محددة، فإننا اعتمدنا ترجمة أقل تقنية.

(٣١) في مفردات جيرار إن لِكَلِمة «pinea» المعنى التقني لتعبير «المخروط». انظر الهامش رقم (٤).

superficiem luminosi secundum angulos equales, aut non sint ita, scilicet secent secundum angulos inequales. Si autem fuerint secantes secundum angulos inequales, tunc linee aut erunt equidistantes aut non equidistantes.

Demonstrabo ergo impossibile esse ut sit lumen a corpore luminoso egrediens linee quasi a centro egredientes.



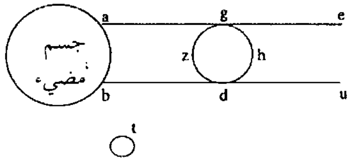
Sitque huius exempli causa corpus luminosum circulus *ab*, cuius centrum est *g*, et corpus illuminatum sit circulus *de*. Et sint due linee egredientes, que contingunt fines corporis illuminati, due linee *gdu gez*. Pars igitur corporis *de*, supra quam cadit lumen, est pars *dhe*, et pars obscura est pars *dte*. Pars autem, super quam non cadit radius, non illuminatur. Ergo pars contenta ab his *udtez* est umbra, et obumbrat *de* et *uz* lineis equidistantibus, ut sint duo trianguli *ugz* et *dge* similes. Ergo proportio *uz* ad *ug* est sicut proportio *de* ad *dg*. Sed *ug* est maior *dg*. Ergo *uz* est maior *de*. Cuiusque igitur corporis umbra dilatatur et in latitudine augetur, quanto magis ab eo elongatur, siue corpus ipsum illuminans sit eo maius aut minus aut ei equale et in infinitum protenditur.

Quod autem sentitur est huius contrarium. Cum enim corpus luminosum est maius illuminato, constringitur umbra donec fiat sicut pinea et finiatur. Ita namque sentimus. Et cum luminosum est minus illuminato, dilatatur umbra. Et cum est ei equale, non dilatatur umbra, neque constringitur, sed est contenta lineis equidistantibus. Non est ergo possibile ut sit lumen egrediens linee secantes superficiem corporis luminosi secundum angulos equales. Et hoc est quod demonstrare uoluimus.

11 angulos *PA* : *mg. m. rec. J*   23 uz *PA* : doz *J*   25-26 et in *P* : in *A* et *J*
31 pinea et *PA* : pinean *J*   35 hoc *PJ* : illud *A*   36 uoluimus *PA* : uolumus *J*

لنفرض الآن خطوطاً متوازية، إذا كان ذلك ممكناً. وسأبين مع ذلك أنه محال.

الشكل رقم (٩)



مثال ذلك أن نفرض الدائرة ab جسماً مضيئاً، والدائرة gd جسماً مضاءً. وليكن age وbdu الخطين اللذين يمسان أطراف الجسم gd واللذين هما متوازيان. الجزء المضاء الذي يقع عليه الضوء هو الجزء gzd. والجزء الذي يوجد فيه الظل هو الجزء ghd. فالظل محصور بين الخطين المتوازيين eg وdu. إذاً لا يزيد الظل ولا ينقص <بالعرض>، لكنه يمتد دائماً إلى ما لا نهاية.

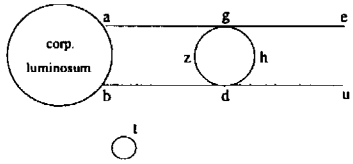
لكن ما ندركه هو العكس، كما قلنا ذلك سابقاً. إذ يزداد <الظل> مع <جسم> مضيء أصغر، وينقص مع <جسم مضيء> أكبر، ويبقى متساوياً عندما يكون الجسم المضيء والجسم المضاء متساويين. فلا يمكن أن تخرج خطوط متوازية من جسم مضيء. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

كذلك لا يمكن أن يكون جسم مضاءً، إلا إذا كان من جهة الجسم gd: هكذا <هو الحال> بالنسبة إلى الجسم t. فلا توجد خطوط مستقيمة من جهة الجسم t، لأنها من جهة الجسم gd. وبالتالي، فإن ضوء الجسم يجب أن يكون في مناطق خاصة، هي المناطق التي تصل إليها الخطوط المتوازية.

لكن ذلك لا يوجد في الطبيعة. فالأجسام المضيئة لها أجزاء متشابهة فأجزاؤها ليس لها أفعال مختلفة، ولا يمكن أن تضيء من جهة وأن لا تضيء من الجهة الأخرى. ففي هذه الحالة، يكون لجسم متشابه الأجزاء، أجزاءٌ متباينة. وهذا خُلف ومحال.

كما أنه لا يمكن أن توجد خطوط غير متوازية لا تخرج من المركز. لأنه لو كان الأمر كذلك، لكان من الضروري أيضاً ألا يكون للأجسام المضيئة أجزاء متشابهة. فعندئذ إن جزءاً سيُخرج خطاً في اتجاه، وجزءاً آخر سَيُخرج خطاً في اتجاه آخر. لكنّ ما لأجزائه أفعال مختلفة ليس له أجزاء متشابهة.

Post hec sint linee equidistantes, si est illud possibile. Ostendam tamen illud esse impossibile.



Sit itaque causa exempli corpus luminosum circulus *ab*, et corpus illuminatum circulus *gd*. Et sint due linee contingentes fines corporis *gd* linee *age bdu*, que sunt equidistantes. Pars quoque illuminata est supra quam cadit lumen, que est pars *gzd*. Pars autem, in qua est umbra, est pars *ghd*. Umbra igitur continetur a duabus lineis *eg du* equidistantibus. Umbra igitur non augetur neque minuitur, sed protenditur semper in infinitum.

Quod autem sentitur est huius contrarium, sicut premisimus. Augmentatur enim cum luminoso minore, et minuitur cum maiore, et equatur cum equalitate corporum luminosorum. Non est igitur possibile ut a luminoso corpore linee egrediantur equidistantes. Et hoc est quod demonstrare intendimus.

Nec etiam est possibile ut illuminetur corpus preter illud quod est in parte corporis *gd*, sicut corpus *t*. Linee enim equidistantes non existunt in parte corporis *t*, postquam sunt in parte corporis *gd*. Unde ex hoc oportet ut lumen eius sit in partibus propriis, que sunt partes ad quas perueniunt linee equidistantes.

Hoc autem extra naturam est. Corpora namque luminosa similium sunt partium. Non ergo partium eorum effectus diuersificatur, nec est possibile ut ab una parte illuminent absque alia. Tunc enim corpus similium partium esset non similium partium. Quod quidem contrarium esset et impossibile.

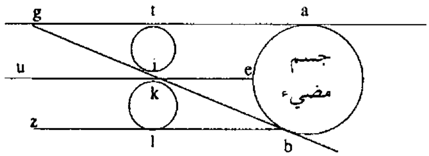
Nec etiam est possibile ut sint linee non equidistantes et non egredientes a centro. Si enim ita esset, esset etiam necessarium ut corpora luminosa non essent similium partium. Quedam enim faceret lineam prodire ad partem unam, et alia faceret lineam prodire ad aliam partem eius. Cuius autem partium effectus diuersificatur, similium non

37 est illud *PJ* : illud est *A*   41 *post* age *add.* et *J*   48 equalitate *PA* : qualitate *J*   50 intendimus *PJ* : uoluimus *A*   51 est possibile *PA* : impossibile *J*   63 similium *AJ* : similimilium *P*   faceret *PJ* : facerent *A*   64 faceret *PJ* : facerent *A*   64-65 aliam partem *PA* : partem aliam *J*

إذ إن أجزاء متشابهة تحدث أفعالاً متشابهة. فما له أجزاء متشابهة سيكون له أجزاء متباينة. وهذا خُلف ومحال.

وكان ينبغي أن ينتج من ذلك أيضاً أن ما يكون مضاءً في اتجاه ما، هو مضاء في الاتجاه المعاكس. لكن أضواء كل جزء من أجزاء الجسم المضيء هي متشابهة. وسأعطي أيضاً مثالاً لذلك.

الشكل رقم (١٠)



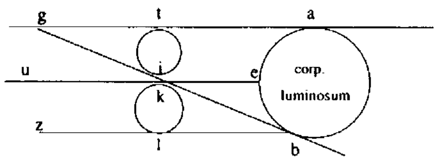
فلنفرض أن الدائرة ab هي جسم مضيء؛ وليكن الخط ag أحد الخطوط التي تخرج منه، والخط bg خطاً آخر، والخط eu خطاً آخر، والخط bz خطاً آخر. نفرض أن الجسم الذي يقع عليه الضوء موجود بين الخطين ag وbg المماسين للجسم ti. لنأخذ أيضاً الخطين eu وbz اللذين لا تتلاقى نهاياتهما، وإن أخرجناهما على استقامة بلا نهاية. ونفرض أن الجسم الموجود بين الخطين eu وbz، هو الجسم $k\ell$، <وهذان الخطان> مماسان له في النقطتين k و ℓ.

فأقول إن الظل الذي يأتي من الجسم ti يصغر ويتوقف، وله شكل مخروط. فنهايتا خطي الشعاعين اللذين يمسان أطراف الجسم ti تلتقيان في النقطة g. فظل الجسم ti موجود بين الخطين tg وig وسطح الجسم ti الذي هو من جهة g. فالظل ينتهي عند زاوية g.

ومن جهة أخرى، وبما أن نهايتيْ الخطين اللذين يمسان أطراف الجسم $k\ell$ لا تلتقيان ولو أخرجناهما على استقامة بلا نهاية من جهة uz، فإما أن <هذين الخطين> يكونان متوازيين، وإما أنه كلما أخرجناهما على استقامة من جهة uz، ازداد المجال بينهما. لكن الظل الآتي من الجسم $k\ell$ موجود بين الخطين ku و ℓz، وكذلك سطح الجسم $k\ell$ الذي هو من جهة uz. فهو لا ينتهي ولا يصغر ولا يزيد. وهو إذاً دائماً في الحالة المعاكسة لحالة ظل الجسم ti. فهذا الظل يصغر كما قلنا أعلاه.

existit partium. Similes enim partes similem operantur effectum. Quod ergo est similium partium, esset dissimilium partium. Quod quidem contrarium est et impossibile.

Oporteret etiam per hoc ut esset manifestum ex parte contraria quod manifestum est ex parte alia. Lumina autem cuiusque partium corporis luminosi sunt similia. Huius quoque exemplum ponam.



Ponam itaque ut corpus luminosum sit circulus *ab*, et una linearum ab eo egredientium linea *ag*, et una earum linea *bg*, et una earum linea *eu*, et una earum linea *bz*. Et ponam ut corpus, super quod cadit lumen, sit inter duas lineas *ag bg*, que contingant corpus *ti*. Ponam etiam duas lineas *eu bz* quarum extremitates non concurrant, etiam si in infinitum protrahantur. Et ponam ut corpus, quod cadit inter duas lineas *eu bz*, sit corpus *kl*, que contingant ipsum supra *k* et *l*.

Dico ergo quod umbra proueniens a corpore *ti* minuitur et finitur et fit pinealis. Duarum enim extremitates linearum radii, que contingunt fines corporis *ti*, concurrunt supra notam *g*. Vmbra igitur corporis *ti* continetur a duabus lineis *tg ig* et superficie corporis *ti*, que est a parte *g*. Vmbra ergo finitur apud angulum *g*.

Quia uero duarum linearum fines corporis *kl* contingentium extremitates, licet a parte *uz* in infinitum producantur, non concurrunt, ergo aut erunt equidistantes aut quantumcumque a parte *uz* protrahantur, spatium inter eas augmentabitur. Vmbra autem proueniens ex corpore *kl* continetur a duabus lineis *ku lz* et superficie corporis *kl*, que est in parte *uz*. Ipsa ergo non finitur neque minuitur neque augetur. Semper ergo est contraria umbre corporis *ti*. Ipsa enim minuitur, quemadmodum premisimus.

68 contrarium est *PJ* : est contrarium *A* 69 oporteret *P* : oportet *AJ* 70 ex *PJ* : *om. A* cuiusque *PA* : cuius *J* 75 duas lineas *PJ* : lineas duas *A* contingant *P* : contingat *A* contingingant *J* ti *PJ* : tl *A* 79 ti *PJ* : tl *A* 81 ti *PJ* : t *A* ti *PJ* : t *A* 82 superficie *PJ* : superficio *A* 85 licet *PJ* : l *A* concurrunt *P* : concurrent *A* concurunt *J* 88 ex *PJ* : a A

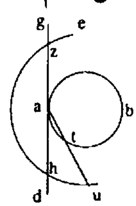
لكننا نستطيع أن نفرض أن الجسم الموضوع بين الخطين ag وbg هو الجسم الموضوع بين الخطين eu وbz، بحيث يُنقل من الفسحة بين الخطين <الأولين> إلى الفسحة بين الخطين <الآخرين>. في هذه الحالة يجب إذن أن تصل إلى جسم معيَّن مضاءٍ بجسم آخر مضيء ظلالٌ مختلفة دائماً، بسبب حركته الخاصة أو حركة الجسم المضيء، أو الاثنتين معاً، لأن الجسمين يملكان الشكل نفسه، أي شكلاً مستديراً.

لكننا لا نشاهد ذلك <في حالة> أي من <الأجسام> المضاءة. فظله لا يصغر أبداً، إلا عندما يكون <الجسم> الذي يضيء أعظم من <الجسم> المضاء؛ وهو يزداد في الحالة المعاكسة ويبقى مساوياً لنفسه عندما يكون <الجسمان> متساويين. فمن المحال أن يكون الضوء الخارج من الجسم من جسم مضيء، خطوطاً غير منتظمة وغير خارجة من المركز، ولا <أن يكون خطوطاً> خارجة من المركز، كما بيّنا أعلاه، ولا <أن يكون خطوطاً> متوازية.

<الإمكانية> الوحيدة الباقية هي إذن أن يأتي الضوء من الجسم المضيء في كل الهواء الذي يمسه، وأن يكون كل موضع يمكن إخراج خط مستقيم منه إلى نقطة من الجسم المضيء، مضاءً بضوء الجسم المضيء. وعن هذا أيضاً سأعطي مثالاً.

مثال ذلك أن نفرض الدائرة ab جسماً مضيئاً. لنخرج خط gd مماساً للدائرة ab في النقطة a. ليكن القوس eu جسماً مضاءً يقطعه الخطُّ gd <في النقطتين> z وh.

الشكل رقم (١١)



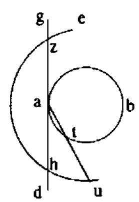
فأقول إنه من أية نقطة من القوس zh يمكن إخراج خط مستقيم إلى النقطة a. لكنه لا يمكن <إخراج خط مستقيم> انطلاقاً من القوس ez ومن القوس hu. فقد قلنا عندما عالجنا موضوع السطوح إنه إذا كان خط مستقيم مماساً لدائرة، فلا يمكن أن نُخرج من نقطة التماس خطاً مستقيماً آخر من جهة الدائرة، إلا خطاً قاطعاً، مثل الخط ua الذي يقطع الدائرة ab. وبما أنه يقطع الدائرة، فإنه يقطعها في نقطة، مثل النقطة t، قبل أن يصل إلى a.

Possibile autem est ut corpus cadens inter duas lineas *ag bg* ponatur esse corpus cadens inter duas lineas *eu bz*, ita ut transducatur ab eo quod est inter duas lineas ad id quod est inter duas lineas. Propter hoc igitur oportet ut uni corpori illuminato ab uno luminoso corpore proueniant semper umbre diuerse aut motu ipsius aut motu corporis luminosi aut motu utrorumque simul, cum corpus illuminatum est similis comprehensionis, uidelicet comprehensionis rotunde.

Hoc autem non reperitur in aliquo illuminatorum. Nunquam enim minuitur eius umbra, nisi cum illuminans est maius illuminato, et augmentatur cum huius contrario, et cum equali equatur. Non est ergo possibile ut sit lumen egrediens a corpore luminoso linee irregulares non egredientes a centro, neque etiam egredientes a centro, quemadmodum prius ostendimus, neque equidistantes.

Non ergo restat nisi ut lumen proueniat per corpus luminosum in toto aere ab eo contento, et ut omnis locus, a quo possibile est produci lineam rectam ad notam corporis luminosi, illuminetur a lumine corporis luminosi. Huius quoque exemplum ponam.

Sit ergo causa exempli corpus luminosum circulus *ab*. Producam autem lineam *gd* contingentem circulum *ab* supra notam *a*. Et sit corpus illuminatum arcus *eu*, et secet ipsum linea *gd* supra *z h*.



Dico igitur quod possibile est ut ab omni nota existente in arcu *zh* protrahatur linea recta ad punctum *a*. Ab arcu uero *ez* et arcu *hu* non est possibile. Iam enim antecessit in sermonibus, qui sunt de superficiebus, quod si aliqua linea recta contingit circulum, non est possibile ut a nota, supra quam contingit circulum, producatur alia linea recta in partem circuli nisi linea circulum secans, sicut linea *ua*

92 bg *O C Björnbo* : dg *PA om. J* 93 cadens *PA* : *om. J* 96 motu *PA* : motum *J* 98 uidelicet *PA* : uide *J* 99 nunquam *PJ* : non quam *A* 3 neque … centro *PJ* : *mg. m. pr. A* 4 prius *PJ* : *om. A* 5 ut *AJ* : *om. P* 7 a lumine *PA* lumen *J* 10 notam *PJ* : nota *A* 11 illuminatum *PA* : luminatum *J* 12 est *PA* : *om. J* 13 protrahatur *PA* : protrahabatur *J* 16 circulum *PJ* : *om. A*

إذاً لا يمكن أن نخرج من النقطة a خطاً إلى النقطة u ـ لأن القوس المُحَدَّب[٣٢] at يمنع أن يكون الخط مستقيماً ـ ولا إلى نقطة أخرى من القوس hu. فالخطوط الخارجة من النقطة a إلى القوس hu هي في الحالة نفسها، بسبب ما قلناه أعلاه: هذه الخطوط تقطع الدائرة ab.

فقد بيّنا بالأمثلة كيف أن كل جزء من جسم مضيء ينير ما هو مواجه له، أي ما يمكن انطلاقاً منه إخراج خط إلى هذا <الجسم> . وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ١٤ ـ

في هذه الأخلاف التي ذكرناها، قبل أن نبين كيف أن كل جزء من <جسم> مضيء ينير ما هو أمامه، يسقط العديد من الناس الذين يدّعون السلطة الفكرية والقضائية، أي الذين يعتقدون أنفسهم أساتذة ذوي معارف واسعة حتى قبل أن يكونوا تلامذة مجتهدين.

لكن أعمالهم وأفكارهم شبيهة بأعمال وأفكار أناس يبدون وكأنهم يقرأون بشكل جيّد كتاباً لأنهم يعرفون غيباً أشكال بعض الأسماء، مع أنهم يجهلون أشكال الأحرف والأصوات <التي تعبر عنها> ، والطريقة التي بها تَتحلَّلُ الأسماء والكلمات إلى <أحرف> ، وبها تتشكل. ففي كل لحظة يجدون كلمات يجهلونها، ويضعون لها، بدلاً مما هو مكتوب، شيئاً ما يشبهه بالشكل ويختلف عنه بالصوت: وهكذا بالنسبة إلى الحرفين ف وق، اللذين يتشابهان بالشكل ويختلفان بالصوت، فصوت ف هو غير صوت ق.

كما أنهم يشبهون <إنساناً> ، محروماً من البصر، يعمل لتركيب شكل جميل انطلاقاً من <عناصر> مختلفة. فهو يقع في الخطأ نظراً لأنه محروم من البصر ولأنه يجهل خطأه، فيحمل على السخرية منه من كان له البصر الأضعف من بين المبصرين، وبالأحرى من كان منهم حاد البصر وماهراً في التركيب. فهذا <الإنسان> ، نظراً لأنه محروم من البصر، يضع في تركيبه ما لا يخصُّ هذا التركيب ويبعد عنه ما يخصّه. إلا أنه، بسبب <عماه> ، لا يدرك شيئاً من عمله، حتى ولو تلقى تعليماً من إنسان ينعم بالبصر ويملك مهارة في التركيب.

---

(٣٢) إن كلمة «gibbositas» هي مصطلح تقني يستخدمه جيرار عادة للإشارة إلى تقوس خط أو سطح، سواء أكان مقعراً أم محدباً: وسنترجمه بشكل عام بكلمة «تقوس» عندما يكون مصحوباً بوصف يحدده، كما سنترجمه أحياناً بكلمة «تحدب» أو «تقعر».

secans circulum *ab*. Et quia ipsa secat circulum, ergo secat ipsum supra punctum priusquam perueniat ad *a*, sicut punctum *t*.

Non est ergo possibile ut a puncto *a* protrahatur linea ad notam *u* – gibbositas namque *at* prohibet lineam a rectitudine – neque ad notam aliam que sit in arcu *hu*. Lineis enim, que producuntur a nota *a* ad arcum *hu*, accidit simile huic propter hoc quod premissum est, has lineas secare circulum *ab*.

Iam ergo exemplificauimus qualiter queque pars corporis luminosi illuminet quod ei obuiat, scilicet a quo est possibile ut ad ipsum producatur linea. Et hoc est quod demonstrare uoluimus.

< 14 >

Hec autem inconuenientia quorum precessit mentio, antequam poneremus qualiter queque pars luminosi illuminet quod ei obuiat, accidunt plerisque qui presumunt usurpare sedem et testificare lites, scilicet qui putant se esse doctores acutos in doctrina, ante quam sint discipuli in disciplina eruditi.

Horum uero opera et cogitationes similantur operibus et cogitationibus similium optime legentibus librum, eo quod paucorum nominum figuras cordetenus tenuerint, cum tamen ignorent litterarum figuras et sonos, et qualiter omnia nomina et dictiones in eas resoluantur et ex eis componantur. In nulla ergo hora desunt eis uerba que ignorent, in quibus ponant loco scripti ei in figura simile et in sono diuersum, quemadmodum *fe* et *caph*, que in figuris sunt similes et in sonis diuersificantur. Sonus enim *fe* alius est a sono *caph*.

Isti quoque similes existunt, cuius uisus priuatus est, qui laborat ut ex diuersis formam pulchram componat. Ipse enim in errorem incurrit propter priuationem sui uisus et ignorantiam sui erroris, quod derideatur ab eo cuius uisus habentibus uisum est debilior, nedum ab eo qui acutum habet aspectum et in componendo est acutus. Hic ergo, propter sui uisus priuationem, ponit in forma sua quod non est ex ea, et eicit ab ea quod est eius. Nec tamen percipit propter hoc aliquid sui operis, neque etiam cum docuerit eum habens uisum et in componendo subtilis.

18 circulum (*ante* ab) *PA* : circululum *J* 19 perueniat *PA* : proueniat *J* 26 illuminet *PJ* : illuminat *A* 27 producatur *PJ* : perducatur *A* uoluimus *P* : uolumus *AJ*

<14>

2 obuiat *PJ* : obuiet *A* 4 scilicet *PA* : *om. J* 11 et *PA* : *om. J* 13 a *PA* : in *J* 15 in errorem *correxi* : ex errore *PA* exrore *J* 21 etiam *PJ* : et *A*

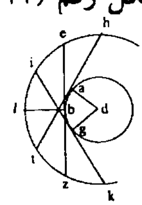
جميع هؤلاء الناس، بالتأكيد، يستحقون الشفقة لأنهم يسيرون على طريق الخطأ ويسبحون في ظلمات الجهل العميقة، مندهشين من الوصول إلى هدف لم يبحثوا عنه. وإذا حاولوا بلوغ هدف، فإنهم يجهلون متى يصلون إليه، ومتى يتجاوزونه، أو متى هم لم يصلوا إليه بعد.

وبما أن التناقضات والأخلاف التي يصطدم بها هؤلاء الناس تنفجر الآن، وكذلك الحقيقة التي لا يصلون إليها، فإننا سنفسر كيف أن ضوءاً شديداً يقع على مركز الدائرة التي تتضمن قاعدة الهواء الذي يتلقى فعل البصر، وكيف أن ضوءاً ضعيفاً يقع على ما هو بعيد عن المركز.

فأقول إن الموضع الذي يواجه أكبر عدد من الأجزاء المضيئة هو مضاء أكثر من الموضع الذي هو أمام عدد أقل < من هذه الأجزاء > فكل جزء من هذه الأجزاء المضيئة ينير بنفسه الموضع الذي يكون مقابلاً له. ولهذا السبب، فإن الموضع المضاء بواسطة < الأجزاء الأكثر عدداً > يَتَلَقَّى ضوءاً أكثر قوة من < الموضع > المضاء بالأجزاء الأخرى، مثلما نرى حصول ذلك في حالة القناديل. فالموضع الذي يقع عليه ضوء قنديل واحد يكون مضاءً بشكل أضعف من الموضع الذي يسقط عليه ضوء قنديلين. وكذلك كلما ازداد < عدد > القناديل التي هي أمام موضع ما، كلما كان ضوؤه أشد. فأقول إنه في الموضع المسمى مركز الرؤية يتلاقى عدد أكبر من أجزاء البصر التي تضيئه: لذلك يقع عليه ضوء أشد.

مثال ذلك أن نفرض الدائرة abg، ومركزها d هو عضو البصر، أي العين. ليكن القوس abg الجزء الذي توجد فيه قوة إدراك < الجسم > المبصَر، أي < الجزء > الذي نسميه حدبة العين. فنلخرج ze مماساً < في النقطة > b التي تقسم القوس ag إلى نصفين؛ والخط ht مماس في النقطة a التي هي إحدى نهايتي حدبة العين؛ والخط ik مماس في النقطة g التي هي النهاية الأخرى لحدبة العين المذكورة. وليكن القوس heitzk الجسم المنظور إليه؛ ولتكن النقطة ℓ النقطة الموضوعة في مركز الرؤية، بحيث يكون الخط الخارج من هذه النقطة إلى b، عمودياً على الخط ez.

الشكل رقم (١٢)

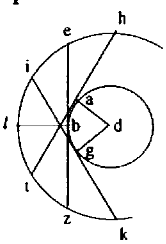


Omnes uero hii misericordia digni sunt, eo quod supergrediuntur ipsam erroris semitam et natant in tenebrositatis ignorantie profunditate, stupefacti sine intentione perueniendi ad finem. Quod si intenderint ad finem peruenire, ignorant quando ad ipsum perueniunt, aut ipsum pertranseunt, aut non perueniunt ad ipsum.

Postquam iam clarent inconuenientia et absurditates que istis accidunt, et ueritas ad quam non pertingunt, ergo nunc ostendemus qualiter supra centrum circuli continentis basim aeris a uisu patientis lumen forte cadat, et supra quod ab hoc centro elongatur lumen debile.

Dico ergo quod locus, qui obuiat pluribus partibus luminosis, plus illuminatur eo qui paucioribus occurrit. Vnaqueque enim partium luminosarum locum, cui obuiat, per se illuminat. Quapropter locus ab eis illuminatus est fortioris luminis ab aliis illuminato, quemadmodum ex candelis contingere uidemus. Locus namque, supra quem cadit unius candele lumen, debilius illuminatur eo supra quem duarum candelarum descendit lumen. Et similiter, quanto plus augmentantur candele loco occurrentes, fortioris existit luminis. Dico ergo quod loco, qui uisus centrum appellatur, plures partes uisus ipsum illuminantes occurrunt, quare supra ipsum fortius cadit lumen.

Cuius exempli causa sit instrumentum uisus, scilicet oculus, circulus *abg*, cuius centrum est *d*. Et sit pars, cui inest potentia comprehendendi uisibile, uidelicet dicta exterior gibbositas oculi, arcus *abg*. Protraham autem *ze* contingentem *b*, que est diuidens arcum *ag* in duo media, et lineam *ht* contingentem notam *a*, que est una duarum finium extrinsece gibbositatis oculi, et lineam *ik* contingentem notam *g*, que est alia extremitas predicte gibbositatis oculi. Et sit corpus, quod conspicitur, arcus *heitzk*, et sit nota, que subest centro uisus, nota *l*, a qua cum producitur linea ad *b*, sit perpendicularis supra lineam *ez*.



26 intenderint *PA* : intenderunt *J* 28 clarent *PA* : darent *J* 31 cadat *PA* : cadit *J* *post* quod *add.* elongatur *A* debile *PJ* : candele *A* 35 illuminatus est fortioris *P* : illuminatus magis est fortioris *A* illuminatur maioris est et fortioris *J* 36 quem *PJ* : que non *A* 38 candele *PJ* : *om. A* 42 sit *PA* : fit *J* 43 est *PA* : *om. J* comprehendendi *PA* : comprehendi *J* 46 duarum *PA* : duorum *J* 47 gibbositatis *PA* : gibbositas *J* 50 sit *PA* : fit *J*

فكل جزء من القوس ht مضاء بالجزء a. فالجزء ℓ مضاء بالجزء a. وكل جزء أيضاً من القوس ik مضاء بالجزء g. فالجزء ℓ أيضاً مضاء بالجزء g. وكل جزء أيضاً من القوس ez مضاء بالجزء b. فالجزء ℓ هو أيضاً مضاء بالجزء b. إذاً. إن الجزء ℓ مضاء بالأجزاء الثلاثة a وb وg.

من جهة أخرى، إن القوس ei مشترك في آن واحد بين القوسين ht وez. فهو مضاء في آن واحد بالجزأين a وb فقط. ونبين بالطريقة نفسها أن القوس zt مضاء بالجزأين g وb فقط.

أما بالنسبة إلى القوس he، فهو جزء من القوس ht فقط. فهو ليس مضاءً، إلا بالجزء a فقط. ونبين بالطريقة نفسها أن القوس zk مضاء بالجزء g فقط.

فالنقطة ℓ مضاءة بثلاثة أجزاء، أي a وb وg. لكن كل نقطة موجودة على القوسين ei وtz هي مضاءة بجزأين، كما قلنا ذلك أعلاه. وكل من القوسين he وzk مضاء بجزء واحد، كما قلنا ذلك أعلاه. لذا فإن إضاءة ℓ هي أشد من إضاءة كل نقطة من النقاط الموجودة على القوسين ei وzt. وإضاءة القوسين ei وzt هي أشد من إضاءة القوسين he وzk. وكلما كبّرنا قطعة القوس <المأخوذ انطلاقاً من ℓ>، فإن المواضع تتتابع في ترتيب إضاءة <متناقض> من النقطة ℓ إلى النقطتين h وk[٣٣].

لقد بيّنا[٣٤] إذن أن المركز مضاء بشكل أشد. وما هو أقرب إليه يكون مضاء أكثر مما هو أبعد عنه. فيقع عليه ضوء أكثر، أي أنه مضاء بعدد أكبر من أجزاء مضيئة. وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ١٥ ـ

أقول إن هناك بالضرورة أمراً واحداً من اثنين: إمّا أن انفعال الهواء تحت تأثير البصر و<انفعال> كل ما يتعرض لفعل البصر يَحدثان فوراً من طرف إلى آخر من <الذي ينفعل>، دون أن يسبق جزءٌ جزءاً آخر على مسار البصر؛ وإما أن الأجزاء تنفعل بالتعاقب.

إذا انفعل جزء بعد آخر، حينئذ إما أن الجزء الذي يمس عضو البصر ينفعل أولاً، ومن ثم بفعل هذا الجزء ينفعل الجزء الذي يليه، وهكذا دواليك بالطريقة نفسها وصولاً إلى الجزء الذي

---

(٣٣) إن الجملة اللاتينية التي حاولنا أن نتتبعها عن كثب تشهد على صعوبة كبرى في التعبير عن التماثل في التناسب بين نسب المسافات ونسب الإضاءات: بالتأكيد ينبغي أن نفهم أن شدة الإضاءة تنقص تناسبياً مع المسافة من ℓ إلى النقطة موضوع الدرس.

(٣٤) إن الكلمات «iam ergo declaratum est» هي ترجمة مألوفة عند جيرار دو كريمون للعبارة «وقد تبيّن» التي ترتبط ببرهان وليس فقط بمجرد عرض.

انظر أمثلة عديدة حول ذلك في الترجمة اللاتينية لعمل جابر بن أفلح المشار إليه في الهامش رقم (٣).

Vnaqueque igitur pars arcus *ht* illuminatur a parte *a*. Pars ergo *l* illuminatur a parte *a*. Vnaqueque etiam pars arcus *ik* illuminatur a parte *g*. Ergo *l* etiam illuminatur a parte *g*. Omnis quoque pars arcus *ez* illuminatur a parte *b*. Ergo *l* etiam illuminatur a parte *b*. Pars ergo *l* illuminatur a tribus partibus *a* et *b* et *g*.

Arcus autem *ei* est communis duobus arcubus simul *ht* et *ez*. Ipse igitur illuminatur simul a duabus partibus *a* et *b* tantum. Cum hac quoque dispositione demonstratur quod arcus *zt* illuminatur a duabus partibus *g b* tantum.

Arcus uero *he* est pars arcus *ht* solum. Non ergo illuminatur nisi a parte *a* tantum. Et secundum hanc dispositionem ostenditur quod arcus *zk* illuminatur tantum a parte *g*.

Nota itaque *l* illuminatur a tribus partibus, *a* uidelicet et *b* et *g*. Omnis uero nota que est in duobus arcubus *ei tz* illuminatur a duabus partibus, sicut premisimus. Et unusquisque duorum arcuum *he* et *zk* illuminatur ab una parte, quemadmodum premisimus. Illuminatio igitur *l* est fortior illuminatione cuiusque note existentis in duobus arcubus *ei zt*. Et illuminatio duorum arcuum *ei zt* fortior existit illuminatione duorum arcuum *he zk*. Et quanto magis protulerimus proportionem arcus, continuabuntur loca in ordine illuminationis *l* ad duas notas *h* et *k*.

Iam ergo declaratum est quod centrum fortius illuminatur, et quod ei propinquius existit magis est illuminatum eo quod ab eo longius existit. Supra ipsum namque plus luminis cadit, scilicet a pluribus luminosis partibus illuminatur. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 15 >

Dico autem impossibile esse quin passio aeris a uisu et omnis a uisu patientis subito fiat ab eius principio usque ad finem, parte non precedente partem usque ad finem itineris uisus, aut sit passio partis post partem.

Quod si pars post partem patitur, tunc aut pars contingens instrumentum uisus patitur prius, et post ab illa parte patitur pars, que ipsam sequitur, et deinceps similiter usque ad ultimum patientem a uisu ; aut pars contingens instrumentum uisus patitur prius, deinde patitur etiam pars, que ipsam sequitur, a uisu, postea pars, que sequitur

53 etiam *PA* : *om. J* 57 hac *PJ* : hanc *A* 58 quoque *PA* : uero *J* 63-65 uidelicet et b et g ... sicut *PJ* : uidelicet et b g ... sicut *mg. m. pr. A* 68 zt *PJ* : tz *A* 70 ordine *PA* : ordinatione *J* ad *PA* : aliquid (*uel* aliud) *J* 72 ei *PJ* : *om. A* 75 illud *PJ* : hoc *A* demonstrare uoluimus *PA* : uoluimus demonstrare *J*

<15>

6-8 uisus ... instrumentum *PA* : *iter. sed m. rec. uerbo* ua / cat *s. l. del. J* 6 prius *PJ* : plus *A* 8 prius *PJ* : plus *A*

ينفعل في نهاية الأمر بفعل البصر؛ وإما أن الجزء الذي يمس عضو البصر ينفعل أولاً، ثم ينفعل أيضاً الجزء الذي يليه بفعل البصر، ثم ينفعل الجزء الذي يلي الثاني بعد هذا الأخير بفعل البصر، وهكذا وصولاً إلى الجزء الذي ينفعل في نهاية الأمر بفعل البصر، بحيث لا تنفعل الأجزاء بعضها بفعل البعض الآخر.

لكن إذا كانت الأجزاء تنفعل بعضها بفعل البعض الآخر، حينئذ ينبغي على جميع الأجزاء المحيطة بالجزء الذي ينفعل أولاً أن تنفعل أيضاً، أي جميع الأجزاء التي تمسه، وينبغي أيضاً على جميع الأجزاء التي تمس الجزء الذي ينفعل ثانياً أن تنفعل أيضاً بفعل هذا الجزء، وأن يحصل ذلك دائماً بهذا الشكل وصولاً إلى الجزء الأخير الذي ينفعل.

فينتج من ذلك أن الهواء الموجود أمام عضو البصر، والهواء الموجود وراءه أو <وراء> جزء آخر من <الأجزاء التي> تنفعل، ينفعلان بفعل البصر. فأجزاء الكون كله متصّلة في ما بينها، وغير منفصلة. لذلك فإنه من الضروري عندما يريد أحد ما أن يدرك شيئاً ما ببصره في اتجاه معين، أن يرى كل ما هو موجود في ما ينفعل بفعل البصر، أي ما هو موجود أمامه، وما هو موجود وراءه، وما هو موجود في جميع الاتجاهات.

لكن ما نشاهده هو عكس ذلك. فنحن لا ندرك أبداً بأعيننا إلا ما نستطيع انطلاقاً منه إخراج خط مستقيم إلى جزء العين الذي يرى. لكن من المحال إخراج خط مستقيم مما هو وراءنا إلى الجزء الذي يَرى من أعيننا لذلك فالذي يمس ما ينفعل بفعل البصر، لا ينفعل بفعله.

إذا كان الجزء الذي يمس (عضو) البصر ينفعل أولاً، ثم ينفعل الجزء الثاني بعده، ثم الثالث بعد الثاني، وهكذا دائماً وصولاً إلى <الجزء> الأخير الذي ينفعل، وإذا حدث ذلك بفعل البصر، وإذا <لم ينفعل> أي من الأجزاء بفعل بعض <الأجزاء>، فإنه يجب أن يحدث الانفعال في الزمن، لأن بعض <الأجزاء> تنفعل بعد الأخرى. ينتج إذن <من ذلك> أنه عندما نريد رؤية شيء منفصل عنا بمسافة ذراع، فإننا لا ندركه إلا بعد أن ننظر إليه خلال فترة من الزمن، مع أن <هذا الزمن> لا يمكن إدراكه. لكن زمناً قصيراً هو جزء من زمن طويل، أو بالضرورة، جزء من جزئه. لذلك، عندما يمتد نظرنا إلى <مسافة> تشكل أضعاف هذه المسافة، يجب أن نكرس من أجل الإدراك وقتاً تكون نسبته إلى الوقت <اللازم لكي> ننظر <إلى ما هو على مسافة> ذراع، مساوية لنسبة المسافة الأعظم إلى المسافة الأصغر. فيكون الوقت الذي يفصل بين قرار الرؤية والإدراك معروفاً.

وعلى سبيل المثال ليكن البصر في النقطة a، والأجزاء التي تنفعل في النقطة b، والشيء المنظور إليه في النقطة g.

secundam, patitur post eam a uisu, et sic usque ad ultimum patientem a uisu, partibus non patientibus aliis ab aliis.

Si autem partium alie ab aliis patiuntur, oportet tunc ut quecumque partes continent partem primum patientem, patiantur etiam, omnes uidelicet ipsam contingentes, et quecumque contingunt secundo patientem, patiantur etiam ab ea, et ita semper contingat usque ad ultimam patientem.

Sequitur ergo ex hoc ut quod aeris est ante instrumentum uisus, et quod est post ipsum aut aliud patientium, a uisu patiatur. Totius enim mundi partes ad inuicem sunt continue, non diuise. Oportet ergo ut, cum aliquis suo uisu in aliqua parte aliquid comprehendere uoluerit, uideat omnia que sunt in patientibus a uisu, uidelicet quod est ante eum, et quod est post ipsum, et quod est in omnibus partibus.

Quod autem inuenitur huius existit contrarium. Numquam enim nostris oculis sentimus, nisi a quo lineam rectam ad partem oculi uidentem protrahi possibile est. Ab eo autem, quod post nos existit, ad partem nostrorum oculorum uidentem lineam rectam produci est impossibile. Non ergo patitur a patiente a uisu, quod ipsum contingit.

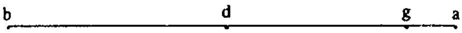
Quod si pars contingens uisum patitur primum, deinde secunda post eam, post tertia post secundam, et similiter semper usque ad ultimam patientem, quod tamen a uisu fit, non quedam partium a quibusdam, oportet ut sit passio cum tempore, cum quedam post alias patiantur. Sequitur ergo ut, cum rem aliquam uidere uolumus, cuius spatium a nobis sit unius cubiti, non comprehendamus ipsam, nisi postquam intendimus ad ipsam cum aliquo tempore, licet non sensibili. Paruum autem tempus magni temporis pars existit aut pars partis necessario. Ergo oportet ut, cum nos consideramus secundum multiplex illius spatii, comprehendamus ipsum cum tempore, cuius proportio ad tempus eius, quod consideratur secundum brachium, sit sicut proportio maioris spatii ad minus spatium. Est ergo tempus, quod est inter uoluntatem uidendi et comprehensionem, scitum.

Causa exempli cuius sit uisus apud notam *a*, et partes patientes apud notam *b*, et res, que consideratur, apud notam *g*.

10 *ante* ultimum *add.* infinitum *A* 14 contingunt *PA* : *om. J* 16 ultimam *PA* : ultimum *J* 17 aeris est *J* : *corr. ex* aeris quod est *P* aeris quod est *A* 18 aliud *PJ* : *om. A* 21 est *PA* : *om. J* 25 protrahi *PJ* : pertrahi *A* 29 ultimam *PA* : ultima *J* 33 sit *PJ* : fit *A* 36 consideramus *PJ* : consideremus *A* 38 *post* brachium *add.* id est cubitum *J*

فإذا كان الوقت الذي يفصل بين قرار رؤية g وإدراك g لا يُحَسُّ به بسبب صغره، فإننا نقول: خذ عدداً كبيراً من أضعاف المسافة ag، وعلى سبيل المثال المسافة ad. وليكن قرارنا بعد ذلك إدراك d بالبصر. فإنّ أضعاف الوقت المكرس لإدراك g، <المعادلة> للوقت المكرس لإدراك d، هي مساوية <بالعدد> لأضعاف المسافة ag المعادِلة للمسافة ad.

الشكل رقم (١٣)



فإذا كان الوقت الذي يفصل بين قرارنا برؤية d وإدراك d غير محسوس، وكذلك إذا أخذنا عدة أضعاف من المسافة ad، إلى أن نصل إلى النقطة b، فإنه لا يوجد وقت يمكن إدراكه بين قرارنا برؤية b وإدراك b، ينبغي عند ذاك ألا نسلّم بأن إدراك <الأشياء> المبصَرة يأخذ وقتاً، إذ ليس هناك وقت يبدو <مرتبطاً> بأجزاء <الأشياء> المبصَرة.

فإذا أردنا رؤية ما هو الأبعد من بين <الأشياء> المبصرة، أي الذي ابتعاده بالنسبة إلينا هو ابتعاد كرة الكواكب الثابتة، فإننا لا نحسُّ بأي وقت بين قرار رؤية النجوم الثابتة <وإدراكها>، لأنه حالما نقرر ذلك فإننا ندرك ما نريده، عندما يكون ذلك معروضاً للبصر، أي <موضوعاً مقابل> مركزه، ويكون الوسط مضيئاً، ولا يوجد حاجز بيننا وبين هذا <الجسم>.

لذا فإنّ <الأشياء> المبصرة لا تدرك خلال <فسحة> من الزمن. فإنّ <الشيء> الذي ينفعل بفعل البصر ينفعل فوراً بفعله، أي أن بداية <هذا الشيء تنفعل> في الوقت نفسه مع نهايته، لا خلال <فسحة من> الزمن. ذلك ما أردنا أن نبيّن.

- ١٦ -

وبما أننا الآن قد بيّنا ذلك، لنبحث عن السبب الذي يجعل حاسة البصر تدرك <الأجسام> المختلفة في المرايا، إلا أنه قبل ذلك، يجب أن نثبت <بعض القضايا> التي تسمح <لنا> بأن نجد بسهولة أكبر السبب الذي نبحث عنه.

فأقول: من الضروري، بموجب ما نراه من انعكاس الشعاعات، أن تنعكس الشعاعات، انطلاقاً من الأجسام التي تعكسها، بزوايا متساوية، أي أن يشكل الشعاع الخارج من <الجسم> المضيء مع سطح الجسم الذي يعكس الشعاع زاوية مساوية للزاوية المشكلة من الشعاع المنعكس ومن سطح الجسم الذي ينعكس عليه الشعاع.

Si ergo tempus, quod est inter uoluntatem uidendi *g* ad comprehendendum *g*, non est comprehensum propter sui paruitatem, dicemus: asume spatio *ag* multiplicia multa, sicut spatium *ad*. Postea sit uoluntas nostra comprehendere *d* uisu. Ergo quod in tempore comprehensionis *d* existit ex multiplicibus temporis comprehensionis *g*, equale est ei quod in spatio *ad* ex multiplicibus spatii *ag* existit.

Si ergo tempus, quod est a uoluntate nostra uidendi *d* ad comprehensionem *d*, est non apparens et similiter, si acceperimus spatio *ad* plura multiplicia, donec perueniant ad notam *b*, non sit uoluntatis nostre uidendi *b* ad comprehensionem *b* tempus manifestum, tunc non oportet concedi comprehensionem uisibilium cum tempore fieri, postquam partibus uisibilium non apparet tempus.

Nos enim, si uidere uellemus quod est in postremo loco uisibilium, scilicet cuius elongatio a nobis est quod est in orbe stellarum fixarum, non appareret nobis inter uoluntatem uidendi stellas fixas tempus, quoniam cum uoluntate comprehendimus quod uolumus, cum subest uisui, scilicet centro eius, et medium est luminosum, non existente obstaculo inter nos et ipsum.

Visibilia igitur cum tempore non comprehenduntur. Patiens ergo a uisu subito ab eo patitur, eius uidelicet principium cum eius fine, et non in tempore. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 16 >

Quia ergo huius declarationem iam premisimus, inuestigemus causam qua sensus uisibilis singularia in speculis comprehendit. Prius tamen ante hoc, quo huius cause inuentio facilior fiat, premittamus.

Dico igitur quod necesse est ut, per hoc quod uidemus de conuersione radiorum, conuertantur radii a corporibus, a quibus conuertuntur, secundum angulos equales, scilicet ut proueniat ex radio egrediente a luminoso et superficie corporis, a quo radius conuertitur, angulus equalis angulo qui prouenit ex radio conuerso et superficie corporis supra quod conuertitur radius.

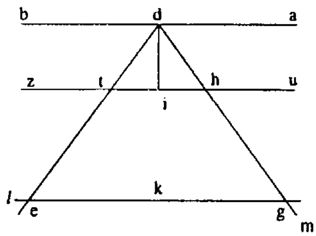
45 sit *PA* : sint *J* 47 d *PJ* : cl *A* 47-48 existit .. ei *PA* : *mg. m. rec. J* 48 est *PJ* : *om. A* 50 et similiter *PJ* : similiter et *A* 51 perueniant *PA* : peruenient *J* notam *AJ* : nota *P* non *PA* : si non *J* 52 ad comprehensionem b *PJ* : *om. A* 57 appareret *P* : apparet *A* apparent *J* inter uoluntatem *PA* : in uoluntate *J* 63 in *PA* : *om. J* uoluimus *PA* : uolumus *J*

<16>

1 huius *PA* : illius *J* 6 equales *Björnbo* : rectos *PAJ*

مثال ذلك أن نفرض الخط ab جسماً صقيلاً يعكس شعاعاً؛ ليكن في النقطة g جسم مضيء يخرج منه الشعاع؛ <لتكن> d نقطة السطح ab الذي يقع عليه الشعاع؛ و<ليكن> de الشعاع المنعكس من d. أقول إننا نجد أن الزاوية adg مساوية للزاوية edb، بموجب ما سأبيّنه.

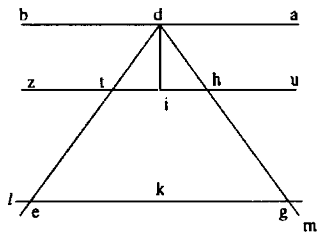
الشكل رقم (١٤)



نأخذ جسماً صقيلاً ونفرض أن سطحه يمر بالخط ab؛ لنضع مقابل سطح الجسم ab لوحاً يمر بالخط uz؛ لنخرج من النقطة d الواقعة على الخط ab العمود على الخط uz، وليكن di هذا العمود؛ لنحدث ثقباً دائرياً في اللوح uz، حيث يقطعه gd، ولنسمِّ النقطة h موضع الثقب؛ لنحدث على الخط iz ثقباً ثانياً دائرياً مساوياً للثقب h، ويكون بعده عن النقطة i بقدر بعد h عن النقطة i، ولنسمّه النقطة t؛ لنضع مقابل اللوح uz اللوح kl الموازي للّوح uz. حينئذ سيقع الشعاع الخارج من g على النقطة d، وينعكس وفق الخط dt، وسيقع على النقطة e من اللوح kel. لكن الخط hi مساوٍ للخط ti. ليكن id العمود المشترك على الخطين ab وuz. فالزاويتان hid وtid هما إذن قائمتان. فالخطان hd وdt متساويان. فالزاويتان dhi وdti متساويتان. لكن الخطين ab وuz متوازيان، ونعلم أن الخطين dh وdt يقعان عليهما. فالزاويتان المتبادلتان الداخليتان متساويتان. فالزاوية adh مساوية للزاوية dhi. فالزاوية adh مساوية للزاوية dti. لكن الزاوية dti مساوية للزاوية bdt. لذا فإن الزاوية bdt مساوية للزاوية adh.

وهكذا إذن نجد أن الزاوية المشكلة من الشعاع ومن الجسم الذي يعكس الشعاع، والزاوية المشكلة <من هذا الجسم و> من الشعاع المنعكس هما متساويتان، كما قلنا ذلك أعلاه.

Verbi gratia sit corpus tersum conuertens radium linea *ab*, et corpus luminosum, a quo egreditur radius, apud notam *g*, et nota superficiei *ab*, supra quam cadit radius, *d*, et radius conuersus a *d* radius *de*. Dico igitur quod angulus *adg* inuenitur equalis angulo *edb* per hoc quod ostendam.



Quod est, si preparauerimus corpus tersum, et posuerimus eius superficiem transeuntem per lineam *ab*, et obuiauerimus cum tabula transeunte per lineam *uz* superficiei corporis *ab*, et produxerimus a nota *d* linee *ab* perpendicularem ad lineam *uz*, que sit perpendicularis *di*, et fecerimus in tabula *uz* foramen rotundum, ubi est sectio *gd*, et signauerimus foraminis locum nota *h*, et fecerimus foramen secundum rotundum equale foramini *h* in linea *iz*, cuius longitudo a nota *i* sit sicut longitudo *h* a nota *i*, et signauerimus ipsum nota *t*, et obuiauerimus tabule *uz* cum tabula *kl* equidistante tabule *uz*, cadet radius egrediens a *g* supra notam *d*, et conuertetur super lineam *dt*, et cadet super notam *e* tabule *kel*. Linea uero *hi* est equalis linee *ti*. Sitque *id* communis que est perpendicularis super duas lineas *ab uz*. Duo ergo anguli *hid tid* sunt recti. Ergo due linee *hd dt* sunt equales. Ergo duo anguli *dhi dti* sunt equales. Linee uero *ab* et *uz* sunt equidistantes, et iam ceciderunt super eas due linee *dh dt*. Ergo anguli coalterni sunt equales. Ergo angulus *adh* est equalis angulo *dhi*. Angulus igitur *adh* equatur angulo *dti*. Angulus uero *dti* est equalis angulo *bdt*. Ergo angulus *bdt* est equalis angulo *adh*.

Iam ergo reperiuntur anguli, qui proueniunt ex radio et corpore, a quo conuertitur radius, et radio conuerso, equales, quemadmodum premisimus.

11 nota *PJ* : notato *A* 12 d et radius *PA* : *mg. m. rec. J* 13 igitur *PA* : ergo *J* 15 tersum *PJ* : tensum *A* 21-22 a nota ... ipsum *PA* : *mg. m. rec. J* 23 equidistante *P* : equidistantem *AJ* 25 kel *K Björnbo* : del *PAJ* hi *Björnbo* : hg *PA* hd *J* ti *Björnbo* : tg *PA* td *J* 26 tid *PA* : *mg. m. rec. J* 27 ergo (*ante* due) *PJ* : et *A*

فإذا تقدم الجسم المضيء على طول <الخط> gd، أو إذا تراجع على طول خطٍ يمتد من خط gd على استقامة، كالخط gm، فإن الشعاع سيقع على النقطة e دون أن ينحرف نحو اليمين أو نحو اليسار؛ حتى ولو نُقِلَ الثقب t نحو النقطة e أو ابتعد عنها، فإن الشعاع gd لا يَكِفّ أبداً عن المرور بالثقب t. فالشعاع الخارج من جسم مضيء نحو جسم صقيل، <والشعاع> المنعكس على الجسم الصقيل، وسطح الجسم الصقيل المستوي، أي السطح المستوي الذي كل خط خارج منه يكون مساوياً <للخطوط الأخرى بنسبة معينة>، جميعها تشكل زوايا متساوية. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

- ١٧ -

ثم بما أن الهواء يتعرض من جهة البصر إلى انفعال شبيه بالذي تحدثه أجزاء <جسم> مضيء، أي بما أن الشعاع ينتشر وفق استقامة الخطوط المستقيمة، فإن الشعاع الناتج من البصر ينعكس أيضاً على الأجسام الصقيلة بزوايا متساوية.

إذا اتّبعنا، نحن أيضاً، آثارَ الطبيعة، فإننا سنرى أن الأمر هو على هذا الشكل. سنجد في الواقع أن الحركة الطبيعية هي حركة بسيطة، غير مركبة، أي هي <حركة> إما دائرية وإما مستقيمة. لكننا لن نجد <حركة> مستقيمة مؤلفة في الوقت نفسه من <حركة> مستقيمة ومن <حركة> دائرية. غير أننا نميز في <الحركة> المستقيمة بداية ونهاية. لذلك يجب أن تأتي بداية إحداها بعد نهاية أخرى، وأن تكون نهاية هذه الأخيرة في بداية تلك الأخرى. فالحركة الطبيعية المستقيمة ليست مركبة، أي ليست مركبة من <حركتين> بسيطتين في آن واحد، بل هي ببساطة حركة واحدة.

فلنفرض أن الخط ab هو سطح المرآة التي تعكس الشعاع، وأن النقطة g هي موضع البصر، وأن النقطة d هي نقطة السطح ab، التي يقع عليها الشعاع؛ لنخرج من d الخط de من جهة الخط ab حيث توجد النقطة g، ولنَبْنِ الزاوية gda المساوية للزاوية edb؛ حينئذ، إذا تصورنا أن الشعاع gd يتّبع خطاً مستقيماً ويقطع الخط adb، كما <يفعل ذلك> الخط gdu، وإذا جعلنا الخط du مساوياً للخط de، فإنه من الواضح أن الزاويتين adg وudb هما متساويتان، لأنهما متقابلتان <بالرأس>.

Si ergo corpus luminosum precedat supra *gd* aut subsequatur supra lineam directe coniunctam linee *gd*, sicut linea *gm*, radius cadet supra notam *e* non declinans ad dextram neque ad sinistram; etiam si foramen *t* a loco suo uersus *e* moueatur, aut ab eo elongetur, non remouebitur radius *gd* umquam a foramine *t*. Ex radio igitur egrediente a luminoso corpore ad corpus tersum et ex conuerso a corpore terso et superficie corporis tersi equalis, id est superficie equali, in qua omnis linea egrediens est equalis, proueniunt anguli equales. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 17 >

Postquam igitur aer patitur a uisu passionem similem casui partium luminosi, scilicet quia prouenit radius secundum rectitudinem rectarum linearum, tunc radius factus a uisu conuertitur etiam a corporibus tersis secundum equales angulos.

Nos quoque, si nature uestigia imitauerimus, hoc ita esse inueniemus. Inueniemus enim motum naturalem motum simplicem non compositum, uidelicet aut circularem aut rectum. Sed nec etiam rectum inueniemus compositum ex recto et circulari simul. Rectus tamen diuersificatur secundum principium et finem. Oportet ergo ut sit alicuius eorum principium ex fine alterius, et finis eius sit apud principium illius alterius. Motus ergo naturalis rectus etiam non est compositus, uidelicet non est compositus ex duobus simplicibus simul, sed est unus tantum motus.

Si ergo posuerimus superficiem speculi, a quo radius conuertitur, lineam *ab*, et locum uisus notam *g*, et notam superficiei *ab*, supra quam cadit radius, notam *d*, et protraxerimus a *d* lineam *de* ad partem linee *ab* in qua est nota *g*, et fecerimus angulum *gda* equalem angulo *edb*, tunc si ymaginauerimus radium *gd* euntem secundum rectitudinem et secantem lineam *adb*, sicut linea *gdu*, et fecerimus lineam *du* equalem linee *de*, manifestum erit quod duo anguli *adg udb* sunt equales, quoniam sunt oppositi.

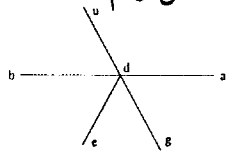
38 *ante* non *add.* et *A*   39 e *J* : i *PA*   40 umquam *PA* : nunquam *J*   43 illud *PJ* : hoc *A*

<17>

10-11 et finis ... alterius *PJ* : *mg. m. pr. A*   10 apud principium *PA* : principium aput *J*   15 locum *PA* : locus *J*

فإذا تصورنا الخط ab كمحور ثابت في موضعه، أي أن نهاياته ثابتة في النقطتين a وb، وإذا تحرك حول القطبين a وb[٣٥] بحيث يتحرك الخط du نحو جهة الخط ab حيث توجد النقطة g، فإن الخط du سيتراكب مع الخط de والنقطة u تتطابق مع النقطة e. ونثبت ذلك بالطريقة التالية.

الشكل رقم (١٥)



بما أن الزاوية udb مساوية للزاوية edb، لأن edb تساوي adg وبما أن الخط المشترك db لا يبتعد عن موضعه، حينئذ، عندما يدور الخط du حول المحور db بحيث تذهب الزاوية udb نحو جهة e، فإن <هذه الزاوية> تتراكب مع الزاوية edb، والخط ud ينطبق على الخط ed، والنقطة u تتطابق مع النقطة e، لأن الخط ud يساوي الخط ed، والزاوية <udb> تساوي الزاوية <edb>، والخط db مشترك بين <الزاويتين>.

وإذا لم تتراكب الزاوية <udb> مع الزاوية <edb>، حينئذ يبتعد الخط db عن موضعه، ويذهب نحو النقطة u أو نحو النقطة e، أو يذهب بطريقة أخرى نحو الأعلى أو نحو الأسفل. إذاً، لا ينعكس الشعاع فحسب، بل فضلاً عن ذلك، وفي الوقت نفسه الذي ينعكس فيه الشعاع، فإن سطح المرآة يبتعد عن موضعه، حيث يقع الشعاع على <المرآة>. لكن سطح المرآة لا يتحرك لأن شعاعاً يقع عليه. فهذا غريب عن الطبيعة. ولكنّ حركة الشعاع طبيعية. فهذه <الحركة> إذن هي واحدة، بسيطة غير مركبة.

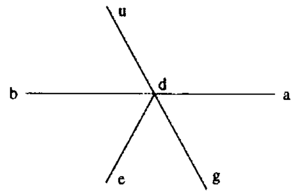
لذا فإن الخط ud لا يتحرك إلا نحو جهة e فقط، والزاوية <udb> لا تبتعد <عن موضعها>[٣٦]. فهي تتراكب مع الزاوية bde، كما قلنا ذلك أعلاه. فيحصل أن الشعاع، الذي إذا مُدِّدَ على استقامة اتّبع الخط gdu، ينعكس من النقطة d على الخط de. إذاً إن الزاوية adg تساوي <الزاوية> bde. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

---

(٣٥) إن العبارة «moveatur super duos polos a et b» هي الشكل التقليدي في علم الفلك لوصف دوران الخط «ab» حول محوره الخاص، وهي أيضاً الشكل المستخدم لوصف دوران كرة حول الخط الذي يصل قطبيها a و b. انظر عدة أمثلة حول ذلك في: المصدر نفسه.

(٣٦) من خلال العبارة «neque angulus movetur» يجب بالطبع أن نفهم ما يلي: بما أن المرآة تبقى غير متحركة، فإن رأس الزاوية udb يبقى ثابتاً في d والضلع bd يدور حول نفسه دون أن يبتعد عن سطح المرآة، كما تبيّن ذلك.

Si ergo ymaginauerimus lineam *ab* sicut meguar fixum in loco suo, scilicet quod fines eius sint fixe apud duas notas *a* et *b*, et moueatur super duos polos *a* et *b*, donec moueatur linea *du* ad partem linee *ab*, in qua est nota *g*, cooperiet linea *du* lineam *de*, et cadet nota *u* supra notam *e*. Quod sic probatur.



Quia angulus *udb* est equalis angulo *edb*, quoniam *edb* equatur *adg*, et linea *db* communis non remouetur a loco suo, tunc quando uoluitur linea *du* super meguar *db*, donec moueatur angulus *udb* ad partem *e*, cooperit angulum *edb*, et stat linea *ud* super lineam *ed*, et cadit nota *u* supra notam *e*, quoniam linea *ud* est equalis linee *ed*, et angulus est equalis angulo, et linea *db* est communis utrisque.

Quod si angulus non cooperit angulum, tunc linea *db* mouetur de loco suo, eundo ad notam *u* aut ad notam *e* aut aliter eundo sursum aut deorsum. Non ergo radius solus conuertitur, sed et superficies speculi remouetur simul cum conuersione radii a loco suo, ubi supra ipsum cadit radius. Sed superficies speculi non mouetur propter casum radii supra ipsum. Hoc namque extra naturam est. Motus autem radii est naturalis. Ipse ergo est motus unus simplex, non compositus.

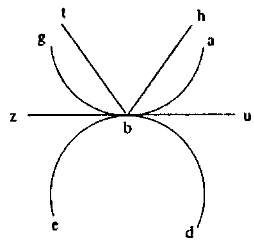
Non ergo mouetur linea *ud* nisi ad partem *e* solum, neque angulus mouetur. Ipse ergo cooperit angulum *bde*, quemadmodum premisimus. Erit ergo ut radius qui, si directe protenderetur, iret secundum lineam *gdu*, conuertatur a nota *d* supra lineam *de*. Est ergo angulus *adg* equalis *bde*. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

23 fixe *PA* : fixi *J* moueatur *PJ* : mouentur *A* 25 linea du lineam de *P* : linea de *A* linea db lineam de *J* 28 remouetur *PJ* : remoueatur *A* 29 du *J* : db *PA* 35 superficies *PJ* : super eius *A* 38-39 est naturalis *PA* : naturalis *J* 42 iret *PA* : *corr. mg. m. rec. ex* nec *J* 43 supra *PA* : super *J* 44 demonstrare *PA* : monstrare *J*

إضافة إلى ذلك، فإن كل شعاع منعكس على الجزء الخارجي من كرة أو على الجزء الداخلي المقَعَّر لكرة ينعكس وفق زوايا متساوية.

مثال ذلك أن نفرض كرتين abg وdbe، متماستين في النقطة b. لنخرج من b الخط ubz الذي لا يقطع أيّاً من الكُرتين ولنفرض البصر في النقطة h. ولينعكس الشعاع hb من النقطة b إلى النقطة t.

الشكل رقم (١٦)



فالزاوية hbu مساوية للزاوية tbz. لكن الزاوية abu مساوية للزاوية gbz. فيبقى أن الزاوية abh مساوية للزاوية gbt. فضلاً عن ذلك، إن الزاوية dbu مساوية للزاوية ebz. إذاً إن الزاوية الكاملة dbh مساوية للزاوية الكاملة ebt. فالزاويتان hba وtbg، الناتجتان من انعكاس الشعاع على الجزء الداخلي المقعَّر للكرة، متساويتان.

كذلك، فإن الزاويتين hbd وtbe، الناتجتين من انعكاس الشعاع على الجزء الخارجي من الكرة، متساويتان. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

من الواضح إذن الآن أن الشعاعات البصرية وغير البصرية تنعكس وفق زوايا متساوية على الأسطح المستوية و<على الأسطح> الكروية، أي على الجهة الداخلية المقعَّرة وعلى الجهة الخارجية المحدَّبة. وذلك ما أردنا أن نبين.

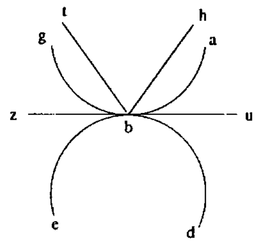
ـ ١٩ ـ

فلنبحث الآن لماذا يدرك البصر، بالمرايا، أشياء ليست على خط مستقيم معه.

< 18 >

Omnis quoque radius a parte spere apparente et a gibbositate spere intrinseca conuersus secundum equales conuertitur angulos.

Verbi gratia ponam duas speras *abg dbe* sese supra punctum *b* contingentes. Et protraham lineam *ubz* super *b* nullam duarum sperarum secantem. Et ponam uisum notam *h*. Et radius *hb* conuertatur a nota *b* supra notam *t*.



Angulus igitur *hbu* est equalis angulo *tbz*. Sed angulus *abu* equatur angulo *gbz*. Restat ergo ut angulus *abh* sit equalis angulo *gbt*. Angulus quoque *dbu* est equalis angulo *ebz*. Ergo totus angulus *dbh* toti angulo *ebt* equalis existit. Duo ergo anguli *hba tbg*, qui fiunt ex conuersione radii a gibbositate spere intrinseca, sunt equales.

Et similiter duo anguli *hbd tbe*, qui fiunt ex conuersione radii a parte spere manifesta, sunt equales. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

Iam ergo manifestum est quod radii uisibiles et non uisibiles conuertuntur secundum equales angulos a superficiebus rectilineis et spericis, uidelicet a gibbositate earum concaua et ab apparente gibbositate earum. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 19 >

Nunc itaque inuestigemus causam qua uisus per specula comprehendit res a sui rectitudine remotas.

<18>

1 a (*post* et) *PJ* : *om. A* 5 h *J* : u *PA* 8-9 angulus quoque ... ebz *PJ* : *mg. m. pr. A* 10 fiunt *PA* : sunt *J* 14-17 iam ... uoluimus *PJ* : *om. A* 15 equales *Björnbo* : rectos *PJ*

فأقول إن قولاً حريصاً على مجاراة الطبيعة، خاصاً بإدراك الأشياء المختلفة بواسطة المرايا، سَيُذَكِّرُ أن هناك أمراً واحداً من ثلاثة أمور: إما أن الشعاعات التي تتعرض لفعل البصر تنعكس على المرايا نحو الأشياء المدركة بواسطة المرايا، والتي عليها تكون قواعد الشعاعات، فيدرك البصر هذه <الأشياء> مثلما يحصل عندما يدرك بواسطة شعاع يتعرض لفعله ويتوجه نحو <الشيء> المبصَر دون وسيط؛ وإما أن أشكال الأشياءَ المدْرَكة بالبصر بواسطة المرايا تنطبع في المرايا، وأن شعاعاً يتعرض لفعل البصر يقع عليها، ويدركها البصر مثلما يحصل عندما يُدرِكُ من دون وسيط؛ وإما أن هذين السببين يعملان سوية.

إذا انطبعت أشكال <الأشياء> المبصرة في المرايا، حينئذ يكون ذلك إما لأن الشكل يتحرك إلى أن يلتقي بالمرآة وينطبع فيها، وإما لأن انطباعاً مظلماً[٣٧] يقع على المرآة، مثلما نرى حصولَ ذلك للأجسام عندما تكون موضوعة في الضوء وتسقط ظلالاً.

لكن إذا انطبع الشكل في المرآة بهذه الطريقة، أي بانطباع مظلم، حينئذ ما يُدرك في المرآة لا يمكن أن يكون إلا الشكل فقط، وليس اللون، ولا الجزئيات[٣٨]، ولا انطباع المكان. لكن العكس هو ما ندركه. فنحن ندرك في المرآة لون ما هو مُدرَك، موضع أجزائه، وحركته، أي تأثيراته وجزئياته. لذا فإن شكل ما هو مدرَك بواسطة المرآة لا ينطبع في المرآة بانطباع مظلم.

إذا كانت الأشكال تتحرك من <الجسم> المحسوس نحو المرآة وتنطبع فيها، فإن النتيجة تكون نفسها إذا كانت الأشكال تتحرك من <الأجسام> المحسوسة من دون توسط المرايا، كما بينّا ذلك؛ و<ينتج> فضلاً عن ذلك أننا نرى في المرايا ظهرنا، لا وجهنا، لأن مُقدَّم <الأشكال> المتحركة، والذي يظهر لبصر من ينظر، هو مُؤخَّر <ها>؛ أو أننا نرى تارة المقدم وتارة المؤخر، وتارة يكون العكس، إذا فرضنا أن الأشكال تتحرك بطرق مختلفة وأن الحركة تنتشر[٣٩] إلى أن تلتقي بالمرآة؛ لأنه، بسبب المسافات المختلفة التي تفصل

---

(٣٧) إن التعبير «impressio tenebrosa» الذي استخدمه جيرار (وحافظنا على اللبس فيه) قد تم شرحه في تتمة النص: فالأمر يتعلق بانطباع يمكن مقارنته بظلّ مُسْقَطٍ لجسم، وهو لا يكشف من الجسم سوى الشكل.

(٣٨) إن الكلمة اللاتينية «divisio» هي بوجه الاحتمال ترجمة غير موفقة من جيرار لأحد أشكال المصدر اللغوي «جزء»، والذي يعني التقسيم؛ لكن أحد اشتقاقاته: «الجزئيات» قد اعتمد في ترجمتنا نظراً لمطابقته المعنى.

(٣٩) من المحتمل أن الكلمة اللاتينية «inundet» تستخدم لوصف حركة تنتشر تدريجياً بطريقة متواصلة وتحتل كل الحيّز المتوفر لها (انظر استخدام كلمة «inundans» في معنى مشابه في ما يخص الهواء في الهامش رقم (٢٣)). إن دراسة ترجمات أخرى لجيرار قد تسمح بالكشف عن المصطلح العربي المطابق للكلمة اللاتينية، وعن المعنى الدقيق لهذه الكلمة.

Dico ergo quod sermo, secundum nature semitam procedens de comprehensione singularium per specula, est quod impossibile est quin aut radii a uisu patientes conuertantur a speculis ad res per specula comprehensas, super quas fiant bases radiorum, et comprehendat eas uisus, sicut comprehendit per radium ab eo patientem ad uisibile egredientem absque medio, aut forme rerum uisu comprehensarum mediantibus speculis sigillentur in speculis, et cadat super eas radius a uisu patiens et comprehendat eas uisus, quemadmodum comprehendit sine medio, aut hae due cause sint simul.

Quod si forme uisibilium in speculis sigillantur, tunc aut illud est quia forma currit, donec contingat speculum et sigilletur in eo, aut quia super speculum impressio tenebrosa occurrit, quemadmodum corporibus accidere cernimus, cum in lumine preparantur et iaciunt umbras.

Si autem forma in speculo secundum hunc modum sigillatur, scilicet impressione tenebrosa, tunc non oportet nisi ut quod in speculo sentitur, sit figura tantum, et non sit color neque diuisio neque loci impressio. Quod autem sentitur huius contrarium est. Sentimus enim in speculo colorem eius quod sentitur, et situm partium ipsius et motum eius, eius scilicet effectus et ipsius diuisiones. Eius ergo quod mediante speculo sentitur, forma non sigillatur in speculo sigillatione tenebrosa.

Quod si forme a sensibili ad speculum currunt et sigillantur in eo, sequitur ex hoc quod sequitur, si forme a sensibilibus non mediantibus speculis currunt, quemadmodum ostendimus, et etiam ut in speculis posteriora nostra et non facies nostras uideamus, quoniam antecedens currentium, quod occurrit uisui aspicientis, fit postremum, aut ut quandoque uideatur antecedens, et quandoque subsequens, et quandoque e contrario huius, si extimant quod forme secundum diuersitatem currant, et quod motus inundet, donec occurrat speculo, quoniam propter spatia diuersa, que sunt inter specula et ea que eis opposita considerantur, oportet ut que ad ea currunt, obuient eis secundum spatia diuersa.

3 ergo *PJ om. A* 5 a uisu *PA* : uisu *J* 9 sigillentur *PA* : sigilletur *J* 14 speculum *PA* : *mg. m. rec. J* 15 in lumine *PJ* : illumine *A* 19-20 sit figura ... sentitur *PJ* : *mg. m. pr. A* 24 quod *PA* : idem *J* 27 antecedens *PA* : attendens *J* 29 antecedens *PA* : attendens *J* 30 forme secundum *PA* : secundum forme *J* 31 inundet *PA* : mundus *J* 32 propter spatia *PA* : spatia propter *J*

المرايا عن <الأشياء> التي تقع أمامها، ينبغي على الأشياء التي تتحرك نحو <المرايا> أن تلتقي بها <بشكل مختلف> وفقاً لمسافاتها المختلفة.

لكن العكس هو ما ندركه. فنحن نرى دائماً وجهنا في المرايا الموضوعة أمامنا، مهما كانت المسافة، ولا ندرك بطريقة أخرى.

فضلاً عن ذلك، فإن ما يتحرك نحو مرآة لا ينطبع إلا في مرآة تستطيع استقبال عِظَم شكله.

لكن العكس هو ما ندركه. فنحن نرى <جسماً> شكله ذو بعد عظيم في مرآة بعدها صغير بالنسبة إلى هذا <الجسم>؛ ونتحقق أن <للجسم> نفسه في المرايا ذات الأشكال المختلفة، أعظاماً مختلفة مع كونه على مسافة واحدة.

فضلاً عن ذلك، إن ما يتحرك نحو المرآة لا ينطبع فيها إلا في سطحه وليس في <سُمْكه> الجسماني. لكننا نرى <حينئذ> بوضوح الجسم خارج المرآة، أي <أننا نرى> حدود تقوسه التي تمس سطح <المرآة> الذي نحوه نرى شكل الجسم يتحرك.

لكننا لا نرى ذلك أبداً في أية مرآة؛ ونحن لا نرى فقط سطوح الأجسام، بل نراها في المرآة مع <سمكها> الجسماني، وفق أشكالها الخاصة التي هي ذات عمق وهي غير مشوهة. ونرى بينها وبين سطح المرآة مجالات تساوي <الفسحة> الموجودة بين <الجسم>، الذي يُدرَك شكله في المرآة، وبين سطح المرآة. فضلاً عن ذلك، نرى الضياء الذي يملأ كل هذه الفسحة، وفق طول يساوي طول هذه <الفسحة>.

فضلاً عن ذلك، لا تنطبع في المرآة أشياء يكون مجموع قياساتها التي تُدرَك في المرآة، أعظم بكثير من سطح المرآة. لكنه من الممكن أن نرى بنظرة واحدة كثيراً من الأجسام في مرآة صغيرة بالمقارنة مع ما يُرى؛ وهذا ما يحصل عندما نرى في مرآة مئة جندي واقفين وكل واحد منهم يُرى بكامل قامته، لا في عِظمه <الحقيقي>، <بل> مصغراً، بقطر مرآة قياسها مقدار شبر أو أقل؛ وكذلك فإن الذي يشاهد، من خلال ثقب، امتداد جسم الأرض، ويرى كثيراً من الأشياء المختلفة التي أقلها مقداراً أعظم من الثقب.

ونحن نرى، بالضرورة أيضاً، شكل شيء واحد في عدة مواضع من مرآة واحدة، كما نراه في مرايا متعددة، مجموع أقطارها يساوي قطر <هذه> المرآة الواحدة. فإذا كان الشكل يتحرك نحو كل مرآة من هذه المرايا، فإنه يتحرك نحو المرآة التي قطرها يساوي <مجموع> أقطار هذه المرايا المتعددة.

Quod autem sentitur huius existit contrarium. Nos enim facies nostras semper uidemus in speculis nobis oppositis secundum quelibet spatia, neque aliter sentimus.

Et etiam non sigillarentur ad speculum currentia, nisi in eo quod figure eius magnitudinem reciperet.

Quod autem sentitur huius est contrarium. Reperimus enim quod in figura sui magne existit quantitatis in speculo quod est parue quantitatis apud ipsum, et reperimus ipsum in speculis diuersarum figurarum secundum spatium unum diuersarum quantitatum.

Neque etiam in speculo ad ipsum currentia sigillarentur nisi superficialiter et non corporaliter. Sed uideremus corpus manifeste extra speculum, scilicet fines gibbositatis eius tangentes eius superficiem, apud quam eius forma ad ipsum currens reperitur.

Hoc autem numquam in aliquo speculorum uidemus, neque superficialiter solum, sed uidemus corpora in speculo corporaliter secundum figuras suas habentia profunditatem, non alterata. Et uidemus inter ea et superficiem speculi spatia equalia ei quod est inter id, cuius forma in speculo sentitur, et superficiem speculi. Et etiam uidemus impressionem, que est in toto illo spatio, secundum longitudinem equalem longitudini ipsius.

Neque etiam in speculo sigillarentur res, agregatio mensurarum quarum que in speculo sentiuntur esset maior superficie speculi multis uicibus. Nos enim fortasse uno uisu multa uidemus corpora in speculo paruo, cum comparatum fuerit ad ea que in eo uidentur, sicut cum uidemus centum milites in speculo uno stantes, quorum unusquisque cum sua quantitate perfecta uidetur, non in quantitate sua, diminutus diametro speculi unius palmi aut minoris mensure, sicut ille qui per paruum foramen corporis terre latitudinem considerat, et uidet singularia plura quorum minus foramine maius existit.

Oportet etiam ut uideamus in speculo uno unius rei formam in locis pluribus, quemadmodum in multis speculis uidetur, quorum diametri, cum coniunguntur, sunt equales diametro unius speculi. Si enim forma ad unumquodque eorum currit, tunc ipsa currit ad illud cuius diametrus est equalis diametris illorum plurium speculorum.

39 magnitudinem *PJ* : magnitudine A   40 est contrarium *PA* : contrarium est *J*   41 magne *PA* : magnitudine *J*   55-56 mensurarum quarum que *P* : quarum mensurarum que A   mensurarum que *J*   58 comparatum *PA* : coram paratum *J*   61 per *PA* : *om. J*   64 uno PA : *om. J*   66 si enim forma... *PAJ* : *gloss.* uult quod totiens uideatur forma in speculo magno quot sunt specula parua *add. mg. m. pr. P* *gloss.* sensus (?) est quod totiens uideatur forma in speculo magno quot sunt in eo specula parua *add. mg. m. pr. (?) J*

لكن ما ندركه هو العكس: لا نجد في مرآة واحدة إلا شكلاً وحيداً لشيء واحد، سواء أكانت المرآة كبيرة أم صغيرة.

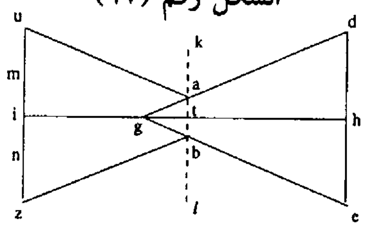
من الممكن أيضاً بالإضافة إلى الأخلاف التي ذكرناها أن ينتج الكثير غيرها من هذه <الفرضية>. مع ذلك هناك، في ما قلناه، ما يكفي لإثبات بطلان ما أردنا أن نبين بطلانه.

إذا كانت الأشكال تتحرك نحو المرايا وتنطبع فيها، وإذا كان الشعاع ينعكس نحو <الأجسام> المبصرة ويدركها، فإنه يجب بالتالي أن نرى في المرآة شكلين لشيء واحد، أحدهما هو الشكل الذي يدركه الشعاع المنعكس، والآخر هو الشكل الذي ينطبع في المرآة. ويوجد في الشكل الذي ينطبع في المرآة كل الأشياء التي هي بالضرورة، وكما قلنا ذلك، منطبعة في المرآة. لكن ما نراه هو العكس.

فالإمكانية الوحيدة المتبقية هي أن تكون <الأجسام> المبصرة لا تُدرك بواسطة المرايا إلا بانعكاس من المرايا نحو <الأجسام> المبصرة، وبسقوط قواعد الشعاعات المنعكسة على <الأجسام> المبصرة؛ وذلك مثلما يدرك البصر مباشرة بواسطة شعاع ناتج منه. ولقد وجدنا <إثباتاً> حِسِّياً لذلك في البرهان الذي سنقدمه.

وهذا البرهان هو: لنوقف أمامنا مرآة يقطع الأفقُ[٤٠] سطحَها عمودياً؛ ليكن الخط ab <هذه المرآة>؛ ولتكن النقطة g موضع البصر الذي يخرج منه عمود نحو سطح المرآة. ولنخرج من النقطة g خطين متساويين مارين بالنقطتين a وb، أعني الخطين gad وgbe؛ ونصل d وe بالخط de؛ لنخرج انطلاقاً من g خطاً يكون عمودياً على المرآة في منتصفها، ويذهب وصولاً إلى الخط de ويقطعه في النقطة h إلى قسمين متساويين. ولتكن النقطة t الموضع الذي يقطع فيه قطر <المرآة>، ولنمدِّد الخط tg بخط مستقيم من النقطة g إلى النقطة i. ولنفرض أن ti يساوي th. فبما أن الخط الذي يقع في مركز المرآة يقسم الخط ab إلى قسمين متساويين، فإن الخطين ab وde يكونان متوازيين.

الشكل رقم (١٧)



(٤٠) بالطبع، يجب أن نعني بالكلمة «orizon» المستوي الأفقي للأفق.

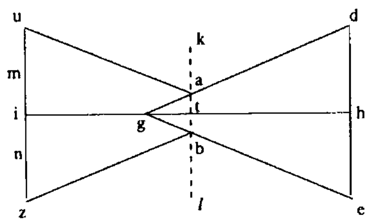
Quod autem sentitur huius est contrarium, scilicet non reperitur in speculo uno unius rei nisi forma una, siue speculum sit magnum siue paruum.

Possibile est preterea ut hoc multa inconuenientia preter ea que diximus sequantur. In eis tamen, que diximus, sufficientia existit ad declarandam falsitatem eius cuius uolumus falsitatem demonstrare.

Quod si forme ad specula currunt et sigillantur in eis, et radius conuertitur ad uisibilia et comprehendit ea, oportet ex hoc ut in speculo unius rei due forme uideantur, quarum una sit ea quam comprehendit radius conuersus, et altera ea que in speculo sigillatur. Et sunt in ea, que in speculo sigillata est, omnia necessaria, que prediximus, insigillata in speculo. Quod autem sentitur huius est contrarium.

Non ergo restat nisi ut uisibilia non comprehendantur mediantibus speculis, nisi per conuersionem a speculis ad uisibilia et casum basium radiorum conuersorum super uisibilia, sicut uisus comprehendit sine medio per radium ab eo factum. Hoc autem sensibiliter inuenimus per id quod ostensuri sumus.

Et hoc est ut ponamus speculum ante nos erectum, cuius superficiem orizon orthogonaliter secet, sicut linea *ab*, et ponatur locus uisus, a quo ad superficiem speculi perpendicularis egreditur, sicut nota *g*. Et protrahamus a nota *g* duas lineas per duas notas *a* et *b* transeuntes equales, sicut due linee *gad gbe*, et coniungamus *d* et *e* linea *de*, et producamus a *g* lineam, que sit perpendicularis super medium speculi, et perueniat ad lineam *de*, et partiatur ipsam in duo media supra notam *h*. Et signemus locum, ubi secat diametrum, nota *t*, et producamus lineam *tg* a nota *g* directe ad notam *i*. Et ponamus *ti* equalem *th*. Et quia linea cadens supra centrum circuli diuidit lineam *ab* in duo media, tunc due linee *ab de* sunt equidistantes.



72 preter *PA* : propter *J* 74 falsitatem eius PA : eius falsitatem J 75 quod *PA* : idem *J* 78 altera *PA* : alteram *J* 92 perueniat *PA* : proueniat *J* 93 diametrum *PA* : diameter *J*

فإذا وضعنا في النقطة i، النقطة التي تقسم الجسم uz إلى قسمين متساويين[٤١]، وإذا جعلنا uz موازياً للخط ab، والبصر موجوداً حيث هي النقطة g، وإذا وصلنا النقطة u مع النقطة a والنقطة z مع النقطة b، فإن < هذه الخطوط > لا تذهب، لا أمامهما <أي النقطتين a وb> ولا وراءهما[٤٢].

فإذا تصورنا أن المحور ab يدور على النقطتين a وb ويمرر الخط uz إلى جهة de، فإن الشكل uzba يتراكب مع الخط deba، لأن الفسحة ti تساوي الطول th. لكن uz يوازي de وab هو مشترك؛ فالخط ua يساوي الخط da، وzb يساوي eb، والزاوية auz تساوي الزاوية ade، وuzb تساوي deb، وdab تساوي uab، والباقي يساوي الباقي.

كذلك، إذا دار ab ناقلاً <الخط> de إلى أن يجعله يمر إلى جهة uz، فإن de يتطابق مع uz. لذا فإن الشعاع الذي يخرج من g ويصل إلى a سينعكس نحو النقطة u. فإذا مَدَدْنا الخط ba على استقامة انطلاقاً من النقطتين a وb وصولاً إلى النقطتين k وℓ، فإنه سيقسم الزاوية uad إلى قسمين متساويين. فتكون الزاوية kau مساوية للزاوية kad. كما أنه سيقسم الزاوية zbe إلى قسمين متساويين. فتكون الزاوية ℓbz مساوية للزاوية ℓbe. إلاّ أن الزاوية kad تساوي الزاوية gab، والزاوية ℓbe تساوي الزاوية gba. فتكون الزاوية kau مساوية للزاوية gab. وكذلك الزاوية ℓbz مساوية للزاوية gba. لذا فإن الشعاعين ga وgb ينعكسان من النقطتين a وb نحو النقطتين u وz.

إذا اقترب[٤٣] الجسم uz من الخط ab، فإننا نرى النقطتين u وz كلتاهما بين الحدين a وb. وإذا ابتعد الجسم uz من موضعه إلى الوراء، فإننا لا نرى في المرآة النقطتين u وz، لكننا نرى من النقطتين a وb نقطتين من القطعة uz، على سبيل المثال النقطتين m وn، دون <أن نرى> أيّاً من النقطتين u وz.

---

(٤١) تظهر تتمة البرهان أنه يجب أن نفترض، بالإضافة إلى ذلك، أن الجسم uz يساوي الجسم de، وبالتالي فإن كل قسم من القسمين المتساويين iu وiz يساوي كل قسم من القسمين المتساويين hd وhe.

(٤٢) إن العبارة «non Breviabuntur ab eis neque pertransient eas» المبهمة إلى حد ما بسبب إيجازها، تتوضح بنهاية نص هذه القضية ١٩. يجب أن نفهم أن الأشعة الخارجة من البصر g لادراك النقطتين u وz تنعكس في المرآة في النقطتين a وb بالتحديد، وليس أمامهما (أي أقرب إلى t) ولا وراءهما (أي أبعد، نحو k وℓ)، مع الافتراض من جهة أخرى أن يتم تكبير المرآة باتجاه هاتين النقطتين).

(٤٣) إن ترجمة جيرار لهذه الجملة وللجملة التالية تسبّب صعوبة. إذ من الواضح، من وجهة نظر علم المناظر، أن النص غير صحيح. فالظاهرتان الموصوفتان معكوستان: ذلك أنه عندما يبتعد uz عن ab، فإن u وz تريان في المرآة أقرب إلى t، وعندما يقترب uz من ab، يكون من المستحيل رؤية u وz اللتين هما خارج حدود المرآة. إلا أن هذا الخطأ، من وجهة نظر لغوية، لا يمكن تفسيره نتيجة خطأ بسيط في النسخ، لأن المبادلة بين الكلمتين «appropinquet» و«elongetur» لا تحترم القواعد اللغوية. لذلك ينبغي الافتراض أن الجملة «Quod si corpus uz appropinquet linee ab» والجملة «Et si corpus uz elongetur a loco suo retro» قد تبدّلت مواقعهما. لذلك وعوضاً من كتابة نص جديد، فقد حافظنا على نص المخطوطات، مع الإشارة إلى هذا الخطأ. ونضيف أن جميع المخطوطات كما يبدو تتضمن الخطأ نفسه، وأن هذا النص المغلوط قد انتشر في العصر الوسيط.

Si ergo posuerimus notam, que diuidit corpus *uz* in duo media, supra notam *i*, et fiat *uz* equidistans linee *ab*, et uisus est apud quem est nota *g*, et coniunxerimus notam *u* note *a* et notam *z* note *b*, non breuiabuntur ab eis neque pertransient eas.

Si enim imaginauerimus *ab* meguar moueri supra duas notas *a* et *b* et ferre lineam *uz* ad partem *de*, cooperiet figura *uzba* figuram *deba*, eo quod spatium *ti* equatur longitudini *th*. Sed *uz* equidistat *de*, et *ab* est communis, ergo linea *ua* est equalis linee *da*, et *zb* est equalis *eb*, et angulus *auz* equatur angulo *ade*, et *uzb* equatur *deb*, et *dab* est equalis *uab*, et residuum est equale residuo.

Et similiter si uoluatur *ab* deferens *de*, donec cum ea perueniat ad partem *uz*, cooperiet *de uz*. Radius ergo a *g* egrediens et perueniens ad *a* conuertetur ad notam *u*. Si enim lineam *ba* a duabus notis *a* et *b* secundum rectitudinem usque ad duas notas *k* et *l* produxerimus, diuidet angulum *uad* in duo media. Ergo angulus *kau* est equalis angulo *kad*. Et diuidet etiam angulum *zbe* in duo media. Angulus igitur *lbz* equatur angulo *lbe*. Sed angulus *kad* est equalis angulo *gab*, et angulus *lbe* est equalis angulo *gba*. Ergo angulus *kau* equalis existit angulo *gab*. Et similiter angulus *lbz* equatur angulo *gba*. Duo ergo radii *ga gb* conuertuntur a duabus notis *a* et *b* ad duas notas *u* et *z*.

Quod si corpus *uz* appropinquet linee *ab*, uidebimus duas notas *u* et *z* simul absque duabus finibus *a b*. Et si corpus *uz* elongetur a loco suo retro, non uidebuntur umquam in speculo due note *u* et *z*, sed cum duabus notis *a* et *b* uidebuntur due note partis *uz* absque *u* et *z*, sicut due note *m* et *n*. Hoc tamen non esset possibile nisi comprehensio singularium mediantibus speculis fieret per conuersionem radii ad uisibilia, quemadmodum premisimus.

99 breuiabuntur *PJ* : abreuiabuntur *A*   2 uzba *PA* : uzab *J*   eo *PA* : *om. J*   9 a duabus *PA* : ad duabus *J*   12 etiam angulum *PA* : *om. J*   zbe *PA* : abe *J*   13 equatur *PA* : equalitur *J*   14 lbe est equalis *PA* : lbe equalis *J*   gba *PJ* : gab *A*   16 duabus *PA* : duobus *J*   23 *post* uisibilia *add.* quod si angulus non cooperit angulum tunc linea db mouetur de loco suo eundo ad notam u aut ad notam e aut aliter eundo sursum aut deorsum non ergo radius solus conuertitur sed et superficies speculi remouetur simul cum conuersione radii a loco suo ubi supra ipsum cadit radius sed superficies speculi non mouetur propter casum radii supra ipsum hoc namque extra naturam est motus autem radii est naturalis ipse ergo est motus unus simplex non compositus non ergo mouetur linea ud nisi ad partem e solum neque angulus mouetur ipse ergo cooperit angulum bde quemadmodum premisimus erit ergo ut radius qui si directe protenderetur iret secundum lineam gdu conuertatur a nota d super lineam de est ergo angelus (*sic*) adg equalis bde illud est quod monstrare uoluimus omnis quoque radius a parte spere apparente et a gibbositate spere intrinseca conuersus secundum equales conuertitur angulos uerbi gratia ponam duas abg dbe sese supra punctum b contingentes et protraham lineam ubz *sed verbo* va/cat *del. J*

غير أن ذلك لا يكون ممكناً إذا كان إدراك <الأجسام> المختلفة بواسطة المرايا لا يحصل بانعكاس للشعاع نحو <الأجسام> المبصرة، كما قلنا أعلاه.

- ٢٠ -

من جهة أخرى، إذا قلنا إن الهواء يتعرض لفعل البصر في لحظة، فإن صعوبة تنتج من ذلك. فإذا كان البصر يحلل(٤٤) في لحظة كل الهواء الذي يوجد أمامه من يَرى، فلماذا إذن يكون ما هو معكوس مُحلَّلاً، طالما أنه ليس بمواجهة من يرى، بل فقط بمواجهة المرآة؟

يعتقد البعض أن هذا الهواء المحلل، المنعكس، ليس محللاً إلا لأن المرآة، التي تتلقى هذه القدرة التحليلية، تحلل الهواء، أو لأن الهواء المحلَّل، الموجود أمام المرآة، يحلل <الهواء المنعكس>.

إذا كانت هذه <الفرضية الثانية> صحيحة، حينئذ يحصل ذلك في وقت <ما>، طالما أنهم يعتقدون أن الهواء المنعكس هو محلل. لكن ما ندركه بالحاسة هو العكس، كما قلنا ذلك أعلاه.

إلى هذه الصعوبة، في الحقيقة، يُضاف أن الهواء المحلل الذي يصل إلى المرآة لا يحلل الشعاع المنعكس بالمرآة. لأنه إذا كان الأمر كذلك، فإنه حينئذ يحلل كل الهواء الذي انطلاقاً منه يمكن إخراج خط مستقيم إلى هذا الهواء <المحلَّل>. لكن ما ندركه هو العكس. فما ينعكس بالمرآة يتحرك وفق خطوط مستقيمة خاصة، أي وفق خطوط تصل إلى موضع المرآة <حيث يكون الهواء> محلَّلاً.

إذن يبقى فقط أن ما يحلل الهواء المنعكس بالمرآة، هو استحالة المرآة التي تتلقى من البصر القدرة التحليلية. فإذا كانت المرآة تَقْبَلُ الاستحالة في لحظة، من دون <فسحة من> الزمن، كما بيّنّا ذلك، نظراً لأن ما هو محلَّل بالبصر هو محلَّل من دون <فسحة من> الزمن، حينئذ أيضاً إن ما يتعرض لفعل المرآة، يتعرض له في لحظة. ذلك أنه عندما تنفعل المرآة، ينفعل <أيضاً> ما ينعكس بها، وإذا انفعلت المرآة عندما يصل إليها ما يَرى(*)، عند ذاك، حين ما يَرَى يلتقي بالمرآة، فإن ما ينعكس <بالمرآة> ينفعل. لذا فإن الانفعال الذي يتعرض له ما هو منعكس، يحصل دون <فسحة> من الزمن.

---

(٤٤) في هذه القضية وفي القضايا اللاحقة، فإن كلمة «conversio» والكلمات المشتقة من المصدر نفسه ترتبط بانعكاس الأشعة البصرية أو الضوئية. لذا نستطيع أن نفترض أن هذا الاستخدام يجعلها بالتالي غير قابلة للاستعمال من أجل التعبير عن الفعل المشار إليه سابقاً بكلمة «conversio» المأخوذة في مفهوم «التحويل»: وإذا كان الحال على هذا الشكل، فإن «التحليل» لن يكون مختلفاً عن «التحويل» المشار إليه أعلاه، أو على الأقل سيكون صيغة له. إن الطابع العام الحرفي للغاية لترجمات جيرار تجعلنا مع ذلك نعتقد أن الكلمتين «convertere» و«resoluere» تنقلان مصطلحين عربيين مختلفين.

ربما كانت هذه الكلمة في الأصل العربي للنص: «يؤثّر»؛ وربما كانت كلمة «التحويل» هي «التأثير» بالأحرى في الأصل العربي للنص (المترجم).

(*) أي الشعاع (المترجم).

< 20 >

Ex hoc autem quod aer a uisu subito pati dicitur, oritur difficultas. Si enim uisus subito resoluit totum aerem, cui uidens occurrit, quare ergo quod conuersum est resoluitur, cum ipsum non obuiet uidenti, neque occurrat nisi speculo?

Quidam autem extimant quod hic aer resolutus, qui conuersus est, non resoluatur, nisi quia speculum, quod recipit resolutionem, resoluit ipsum, aut aer resolutus, qui obuiat speculo, resoluit ipsum.

Quod si hoc uerum est, tunc in tempore fit, postquam putant quod aer conuersus resoluatur. Quod autem sensu percipitur huius contrarium est, quemadmodum prediximus.

Huic uero difficultati accedit quod aer resolutus, qui occurrit speculo, non resoluit radium conuersum a speculo. Si enim ita esset, tunc resolueret omnem aerem a quo esset possibile ad hunc aerem rectam produci lineam. Quod autem sentitur est huius contrarium. Quod enim a speculo conuersum est secundum rectas transit lineas proprie, scilicet secundum lineas peruenientes ad locum speculi resolutum.

Non ergo relinquitur nisi ut resoluens aerem a speculo conuersum sit alteratio speculi recipientis resolutionem a uisu. Si ergo speculum subito recipit alterationem absque tempore, quemadmodum declarauimus, eo quod a uisu resoluta sine tempore resoluantur, tunc etiam a speculo patiens sine tempore patitur. Si enim, quando speculum patitur, patitur quod ab eo conuertitur, et speculum patitur, cum uidens ei occurrit, ergo, quando uidens obuiat speculo, quod ab eo conuertitur, patitur. Passio igitur eius quod conuertitur fit sine tempore.

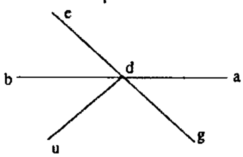
<20>
2 uidens *PAJ* : *gloss.* uidens id est pars oculi que uidet *add. mg. m. pr. P gloss.* id est pars oculi que uidet *add. mg. m. rec. J* 9 huius *PJ* : hiis *A* 11 accedit *PA* : accidit *J* 16 peruenientes *A* : *corr. m. pr. ex* prouenientes *P* prouenientes *J* 18 sit *PA* : *mg. m. rec. J* 19 alteratio *PA* : alterato *J* 21-22 a speculo *AJ* : speculo *P* 22 tempore patitur *PJ* : tempore paritur *A*

هذه أيضاً مسألة صعبة جداً: بما أننا لا ندرك <الأجسام> المختلفة بواسطة المرايا إلا بانعكاس الشعاع على المرايا نحو ما هو مرئي، فلماذا إذن نرى ذلك في المرآة ولا نرى <الأجسام> في مواضعها، ما دامت قاعدة الشعاع تدرِك كما تدرِك الأجسام <المرئية> مباشرة؟

فأقول إننا نرى <الأجسام> المختلفة في مواضعها. والأمر كذلك لأننا نراها هي، ونرى <المواضع> التي تكون فيها، وكل ما هو موجود بين المرآة وبينها. نراها هي، وفي آن واحد نرى مواضعها، على خط الرؤية المستقيم، أي وفق خط مستقيم انطلاقاً من البصر، دون أن تبتعد عن هذا الخط المستقيم. وخط الرؤية المستقيم، هو خط مستقيم يقطع سطح المرآة. لذلك نعتقد أن <الجسم> المعَيَّن يُرى في المرآة.

مثال ذلك: أن نفرض الخط ab سطح المرآة الذي ينعكس عليه الشعاع. ليكن البصر في النقطة g، وليكن الخط gde الخط المستقيم للبصر، أي من العمود[٤٥] الذي يتعرض لفعل البصر. لنفرض أن d هو الموضع الذي يقطع فيه هذا الخط سطح المرآة. وليكن ما يُرى موجوداً في النقطة u.

الشكل رقم (١٨)



إن الزاويتين adg وbdu هما إذن متساويتان. والزاوية edb تساوي الزاوية udb، كما بيَّنا ذلك أعلاه. لذا تُرى u في e. ولذلك نعتقد أنها في d، لأن هاتين <النقطتين> تقعان على خط مستقيم واحد خارج من البصر. لكن الأمر ليس كذلك، لأننا ندرك <الأجسام> المختلفة التي هي أيضاً على كل الخط du وكأنها في المرآة. ونعتقد أن كل شيء من الأشياء التي هي على الخط du يُدرك في المرآة في النقطة d.

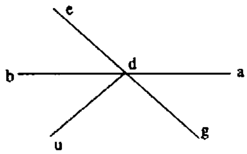
وهكذا يوجد في آن واحد كثير من <الأجسام> المختلفة بعظم واحد في موضع يساوي عِظم واحد من بينها. لذا فإن شيئاً واحداً من بين عدة أشياء ذات عظم واحد يكون وحده مساوياً في العِظم لمجموع الأشياء. لكن ذلك خلف ومحال.

(٤٥) إن التعبير «perpendicularis radii» يشير على الأرجح إلى محور المخروط البصري الذي رأسه هو العين؛ وهذا المحور عمودي على القاعدة عندما يكون المخروط مخروطاً دورانياً، وهذه هي حالة المخروط البصري موضوع الدرس.

Hec autem questio ualde etiam est difficilis, que est: postquam nos non comprehendimus singularia mediantibus speculis nisi per conuersionem radii a speculis ad id quod uidetur, quare ergo uidemus ipsum in speculo et non uidemus ea in locis suis, cum basis radii comprehendat ipsa, sicut comprehendit res absque medio?

Dico igitur quod nos uidemus singularia in locis suis. Et hoc est quia uidemus ea, et ea in quibus sunt, et totum quod est inter speculum et ipsa. Ea autem et loca eorum uidemus simul in rectitudine uisus, scilicet a uisu secundum rectam lineam non inclinata ab eius rectitudine. Rectitudo autem uisus est linea recta secans speculi superficiem. Quapropter putant quod singulare in speculo uideatur.

Verbi gratia sit superficies speculi, a qua conuertitur radius, linea *ab*. Et sit uisus apud notam *g*, et rectitudo uisus, scilicet perpendicularis radii patientis a uisu, linea *gde*. Et ponamus locum, ubi hec linea secat superficiem speculi, *d*. Et quod uidetur sit apud notam *u*.



Duo igitur anguli *adg bdu* sunt equales. Angulus autem *edb* est equalis angulo *udb*, quemadmodum prius ostendimus. Ergo *u* uidetur apud *e*. Estimatur ergo quod sit apud *d*, eo quod ipsa a uisu secundum unam rectitudinem consistant. Sed non est ita, quoniam comprehendimus singularia, que sunt etiam super totam lineam *du*, ac si essent in speculo. Et unaqueque rerum, que sunt super lineam *du*, extimatur quod in speculo comprehendatur supra notam *d*.

Essent ergo singularia multa equalis magnitudinis simul in loco magnitudini unius eorum equali. Ergo esset rerum plurium in magnitudine equalium una earum collectioni in magnitudine equalis. Hoc autem contrarium est et impossibile.

<21>

1 est difficilis *PJ* : difficilis est *A*   nos non *P* : nos *A* nos *corr. ex* nons *J*
9 uisu *PA* : uisa *J*   22 comprehendatur *PA* : comprehendantur *J*

لذا فإن <الأجسام> المختلفة التي هي على الخط du لا تُرى في النقطة d، بل على نقاط الخط de التي مسافاتها عن d تساوي <على التوالي> المسافات بين <الأجسام> المختلفة التي هي على الخط du وبين d.

فلا نرى إذاً <الأجسام> المختلفة في المرآة، بل في مواضعها، على الخط المستقيم الذي يخرج من البصر ويقطع سطح المرآة، الذي عليه ينعكس الشعاع في النقطة التي ينعكس فيها. لكن البصر لا يدرك أبداً الأشياء إلا وفق خطوط مستقيمة، وليس وفق خطوط منكسرة[٤٦]. فانكسار الشعاع ليس عملية جسمانية يمكن إدراكها، بل هو افتراضي. فلا ندركه، بل نتصوره. إذاً نتصور أن البصر يتلقى، بانعكاس شعاعه، الشيء المرئي بواسطة المرآة، وأن هذا الشيء بالنسبة إلى البصر هو على خط منكسر. إلا أننا لا ندرك بهذه الطريقة، بل وفق خط مستقيم خارج من البصر. وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ٢٢ ـ

إذاً، وبعد أن بيّنا ذلك، لنبحث عن سبب إدراك ضوء <الأجسام> المختلفة بوضوح أكثر وبجلاء أكثر عندما تكون قريبة من البصر، أي من عضو البصر، بالمقارنة مع ما هي عليه عندما تكون بعيدة عنه.

فأقول: عندما نرى أضواء القناديل التي تنير المنازل، فإننا نكون مرغمين على التسليم بأن قنديلاً معيناً ينير مكاناً صغيراً إنارة أشد من تلك التي ينير بها مكاناً كبيراً. فحواسنا تعلمنا أن الأمر على هذا الشكل، أي أن قنديلاً معيناً ينير بيتاً صغيراً إنارة أشد من تلك التي ينير بها <بيتاً> أكبر. من الواضح إذن أن قوة جسم مضيء واحد تنير جسماً صغيراً، لا تنبعث منه هذه القوة، أكثر مما تنير جسماً أكبر، لا تنبعث منه هذه القوة، وذلك بسبب نسبة <الأجسام>. فنسبة قوة جسم مضيء معين إلى هذا <الجسم> بأكمله كنسبة قوة جزء من الجسم المضيء إلى هذا الجزء.

مثال ذلك أن نفرض ab الجسم المضيء. فأقول إن نسبة قوة الجسم ab إلى الجسم ab هي النسبة نفسها لقوة جزئه إلى هذا الجزء.

سَنُبين ذلك في ما يلي.

فمن المحال أن يكون الأمر بشكل آخر. لأنه إذا كان ذلك ممكناً، فإن إحدى النسبتين تكون أكبر أو أصغر من الأخرى[٤٧].

(٤٦) كما يظهر السياق، فإن تعبير «linea obliqua» له في مفردات جيرار معنىً تقنياً هو "الخط المنكسر"؛ كذلك إن «obliquitas» هو مصطلح تقني يصف في علم المناظر الخط المنكسر.

(٤٧) إن الكلمات «maioris proportionis aut minoris» هي عبارة تقنية تتعلق بالمقارنة بين نسبتين وتعني أن الأولى من النسبتين هي أكبر، أو على التوالي أصغر، من الثانية. وفي اللغة التقليدية للنسب، كما تم وضعها في القرن الرابع عشر، يشار إلى تساوي نسبتين بالكلمتين «proportio equalitatis» وإلى تباينهما بالكلمات «proportio maioris inequalitatis»، أو بالكلمات «proportio minoris inequalitatis» على التوالي. انظر على سبيل المثال: «Tractatus brevis proportionum abbreviatus ex libro de proportionibus D.Thome Braguardini Anglici,» in: Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin. Publications in Medieval Science; 4 (Madison, MA: University of Wisconsin Press, 1959), pp.481-482.

Non ergo uidentur singularia, que sunt super lineam *du*, in nota *d* sed supra notas linee *de*, quarum spatia a *d* sunt equalia spatiis singularium, que sunt super lineam *du*, a *d*.

Singularia igitur in speculo non uidentur, sed in locis eorum super lineam rectam a uisu egredientem secantem speculi superficiem, a qua radius conuertitur, supra notam a qua conuertitur radius. Visus autem numquam comprehendit res nisi secundum rectas lineas et non secundum obliquas. Obliquitas enim radii non est operatio corporea, que sentiatur, sed est uirtualis. Non ergo sentitur, sed scitur. Scimus igitur quod rem, que per speculum uidetur, recipit uisus per conuersionem sui radii, et quod ipsa a uisu est secundum rectitudinem obliquitatis. Nos tamen non ita sentimus, sed secundum rectam lineam a uisu. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 22 >

Postquam igitur huius declarationem premisimus, inuestigemus quare singularium lumen, cum uisui sunt propinqua, manifestius et clarius comprehenditur quam cum a uisu elongantur, scilicet ab eius instrumento.

Dico igitur nobis necessarium fore quod ex candelarum luminibus domos illuminantium uidemus, ad concedendum quod candela una paruum locum fortius illuminet quam magnum. Nos enim sic esse sensibiliter inuenimus, uidelicet quod candela una paruam domum fortius illuminat quam maiorem ea. Manifestum est igitur quod uirtus unius corporis luminosi plus illuminat paruum corpus, a quo ipsa non egreditur, quam corpus eo maius, a quo ipsa non egreditur, et etiam secundum mensuram proportionis. Virtutis enim cuiusque luminosi corporis proportio ad ipsum totum est sicut proportio uirtutis partis corporis luminosi ad illam partem.

Verbi gratia sit corpus luminosum corpus *ab*. Dico igitur quod uirtus corporis *ab* ad corpus *ab* est sicut proportio uirtutis partis eius ad ipsam partem. Quod sic probatur.

Non enim est possibile aliter esse. Quod si possibile est, tunc aut est maioris proportionis aut minoris.

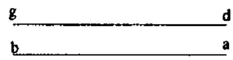
30 sed in locis *correxi* : sed speculum in locis *PAJ* 35 igitur *PJ* : enim *A*

<22>

2 sunt *P* : *mg. m. rec. J* sint *A* 3 cum a uisu *PA* : a uisu cum *J* elongantur *P* : elongatur *AJ* 8 uidelicet *PA* : scilicet *J* 9 est igitur *PA* : igitur est *J*

فلنضع <الفرضية> الأولى: أي أن تكون النسبة <الثانية> أكبر <من الأولى>. فلنفرض أن الخط gd هو قوة ab، وأن g هي قوة a و d قوة b. فإذا كانت نسبة g إلى a أكبر من نسبة gd إلى ab، وإذا كانت نسبة d إلى b أكبر من نسبة gd إلى ab، حينئذ، إذا دمجنا <النسب>، فإن نسبة gd إلى ab تكون أكبر من نسبة gd إلى ab. فيكون من شيء واحد إلى <شيء> واحد آخر نسبتين إحداهما أكبر من الأخرى، وهذا خلف ومحال.

الشكل رقم (١٩)



وكذلك، إذا كانت نسبة g إلى a أصغر من نسبة gd إلى ab، وإذا كانت نسبة d إلى b أصغر من نسبة gd إلى ab، فإن نسبة gd إلى ab تكون أصغر من نسبة gd إلى ab. لكن ذلك هو أيضاً خلف ومحال.

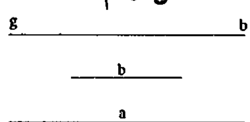
لذا فإن نسبة g إلى a مثل نسبة gd إلى ab، لا أكبر ولا أصغر. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

لذا فإن نسبة <قوة> جسم مضيء إلى <هذا> الجسم المضيء هي دائماً نفسها، لا أقوى ولا أضعف، لا أصغر ولا أكبر، إذ إن ما قلناه قد أُثبتَ بشكل إلزامي.

من جهة أخرى، فإن قوة معلومة تحدث دائماً في شيء معلوم التأثير نفسه الذي يبقى لا أعظم ولا أصغر، لا أقوى ولا أضعف مما هو عليه.

مثال ذلك أن نفرض الخط a قوة معلومة؛ والخط bg شيئاً معلوماً؛ وليكن الخط b الشيء الذي تطبعه a في bg. فأقول إن a تطبع دائماً في الخط bg الخط b ولا شيء آخر. هذا ما نثبته كما يلي.

الشكل رقم (٢٠)

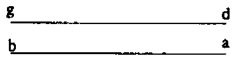


فإذا طبعت a في bg أحياناً b وأحياناً شيئاً آخر غير b، فإن نسبة القوة a إلى a(٤٨) تكون أحياناً أعظم وأحياناً أصغر. لكننا قد بيَّنَّا أن نسبة قوة إلى ما يملك هذه القوة هي دائماً واحدة، لا أعظم ولا أصغر، لا أقوى ولا أضعف. فهي إذن واحدة وليست واحدة، وهذا خلف ومحال. فما يطبعه a في bg، هو دائماً b ولا شيء آخر. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

---

(٤٨) في العبارة «proportio uirtutis a ad a»، يشير الحرف a إلى قوة جسم، ثم إلى الجسم نفسه.

Ponam itaque primum ut sit maioris proportionis. Et ponam uirtutem *ab* lineam *gd*, et ut *g* sit uirtus *a* et *d* uirtus *b*. Si ergo proportio *g* ad *a* est maior proportione *gd* ad *ab*, et proportio *d* ad *b* est maior proportione *gd* ad *ab*, tunc, cum nos coniungemus, erit proportio *gd* ad *ab* maior proportione *gd* ad *ab*. Erunt ergo unius rei ad unam due proportiones, quarum una altera maior erit. Quod quidem contrarium est et impossibile.



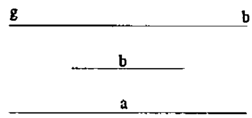
Et etiam si proportio *g* ad *a* est minor proportione *gd* ad *ab*, et proportio *d* ad *b* est minor proportione *gd* ad *ab*, tunc proportio *gd* ad *ab* est minor proportione *gd* ad *ab*. Hoc uero contrarium et etiam impossibile.

Proportio igitur *g* ad *a* est sicut proportio *gd* ad *ab* et non maior neque minor. Et hoc est quod demonstrare uoluimus.

Ergo proportio corporis luminosi ad corpus luminosum semper est una et non fortior neque debilior, neque minor neque maior, postquam iam ostensum est necessario quod prediximus.

Virtus autem data in rem datam unam semper facit impressionem et eandem, non maiorem neque minorem, non fortiorem neque debiliorem.

Verbi gratia sit uirtus data linea *a*, et res data linea *bg*, et res, quam *a* imprimit in *bg*, sit linea *b*. Dico igitur quod *a* semper imprimit in lineam *bg* lineam *b* et non aliud. Quod sic probatur.



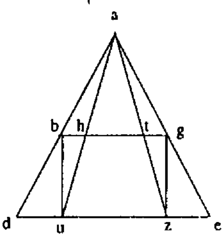
Si enim *a* quandoque imprimit in *bg b* et quandoque aliud quam *b*, tunc proportio uirtutis *a* ad *a* quandoque est maior et quandoque minor. Iam uero ostensum est quod proportio uirtutis ad habentem uirtutem semper est una, non maior neque minor, non fortior neque debilior. Est ergo una non una, quod est contrarium et impossibile. Quod ergo *a* imprimit in *bg* semper est *b* et non aliud. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

22 ad (*post* g) *PJ* : *iter. A*   23-24 proportione ... ab *PA* : proportione gd ab ad et proportio d ad b est maior proportione cum nos coniungemus erit proportio gd ad ab maior proportione gd ad ab *J corr* tunc cum nos coniungemus erit proportio gd ad ab maior proportione gd *hab. mg. sup. m. rec. J*   25 quarum *PA* : quare *J*   28-29 tunc ... ab (*ante* hoc) *PAJ* : *uerbo* va/cat *s. l. falso del. m. rec. J*   44 illud *PA* : hoc *J*

لذا فإن نسبة قوة تحدث ضياءً، إلى ضيائها في الجسم الذي يتلقى هذا الضياء هي دائماً بالضرورة واحدة، إذ إن ما قلناه أعلاه هو الآن واضح. فنسبة قوة، متغيّرة شدّة، وضعفاً، إلى الضياء الذي تحدثه في جسم يتلقى هذا الضياء، هي بالضرورة متغيرة.

إن قوة معلومة تطبع في جسم معلوم ضياء نورٍ، أشد من ضياءِ قوةٍ أضعف من <القوة المذكورة>.

الشكل رقم (٢١)



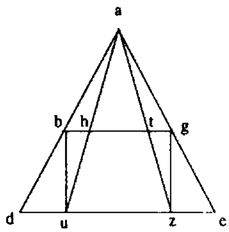
مثال ذلك أن نفرض أنه يوجد في النقطة a <جسمٌ> يملك قوة مضيئة، وأنه يوجد في الخط bg الجسم المضاء. لذا فإن القوة التي تضيء bg تضيء أيضاً الهواء الموجود في المثلث abg. لنخرج الخط de الموازي للخط bg. ولنفرض أن الشعاع ab يقع على النقطة d من الخط de، وأن الشعاع ag يسقط على النقطة e من الخط de. لنخرج من النقطتين b وg عمودين bu وzg على الخط de. فالخط uz مساوٍ للخط bg. لنخرج au وaz. ولِنُشِر بالنقطة h إلى الموضع الذي يقطع فيه au الخط bg، وبالنقطة t إلى الموضع الذي يقطع فيه az الخط bg.

فأقول إن الضوء الواقع على الجسم الذي هو في bg، أشد من الضوء الذي يقع على الجسم نفسه <إذا كان في uz>، لأن القوة التي تطبع الضوء في هذه <الحالة الأخيرة> هي أضعف من القوة التي تطبع الضوء في <الحالة> الأولى. وهذا ما نثبته كما يلي:

فالقوة التي تطبع الضوء في الجسم bg هي التي تطبع الضوء في كل الجسم الموجود في المجال المحصور في المثلث abg. لذا فإن حدود الشعاع الذي تطبعه القوة التي تضيء bg هي الخطان abd وage. فهذه <القوة> تنتشر في ما هو موجود في المثلث abg. لذا فإن <قوة> أضعف منها تنتشر في ما هو موجود في aht. فحدود الشعاع الذي تطبعه القوة التي تضيء ht هي الخطان ahu وatz. فالقوة التي تنتشر في المثلث auz هي أضعف من القوة التي تنتشر في المثلث ade. فهي لا تستطيع أن تحدث ضياءها وصولاً إلى الخطين abd وage.

Proportio igitur uirtutis imprimentis ad impressionem suam in corpus impressum semper necessario est una, postquam iam manifestum est quod premisimus. Ergo proportio uirtutis in fortitudine et debilitate diuerse ad impressionem suam in corpus impressum necessario est diuersa.

Virtus data imprimit in corpus datum luminis impressionem fortiorem impressione uirtutis ea debilioris.



Verbi gratia ponam ut habens uirtutem illuminantem sit apud notam *a*, et corpus illuminatum sit apud lineam *bg*. Virtus ergo illuminans *bg* illuminat etiam aerem qui continetur a triangulo *abg*. Protraham autem lineam *de* equidistantem linee *bg*. Et ponam ut radius *ab* cadat supra notam linee *de*, que est *d*, et radius *ag* cadat supra notam linee *de*, que est *e*. Et producam a duabus notis *b* et *g* duas perpendiculares super lineam *de*, que sint perpendiculares *bu zg*. Linea igitur *uz* equalis est linee *bg*. Et producam *au* et *az*. Et signabo locum, ubi *au* secat lineam *bg*, nota *h* , et locum, ubi *az* secat lineam *bg*, nota *t*.

Dico igitur quod lumen cadens super corpus, quod est in loco *hg*, fortius est lumine cadente supra idem corpus, cum uirtus imprimens lumen in eo prima uirtute est debilior. Quod sic probatur.

Virtus namque imprimens lumen in corpus *bg* est que imprimit lumen in totum corpus quod est in loco a triangulo *abg* comprehenso. Fines ergo radii, quem uirtus illuminans *bg* imprimit, sunt due linee *abd age*. Ipsa ergo procedit in eo quod a triangulo *abg* continetur. Debilior ergo ea procedit in eo quod continetur ab *aht*. Fines igitur radii, quem imprimit uirtus illuminans *ht*, sunt due linee *ahu atz*. Virtus ergo procedens in triangulo *auz* debilior existit uirtute procedente in triangulo *ade*. Non enim sua impressione ad duas lineas *abd age* ualet peruenire.

54 uirtus *PJ* : uirtus autem *A* 55 ea *PJ* : eo *A* 58 etiam aerem *PA* : aerem etiam *J* 59 ut *AJ* : *mg. m. pr. P* 60-61 et radius ... est e *PJ* : *mg. m. pr. A* 61 *ante* e *exp.* de que est d et radius ag *J* super *PJ* : supra *A* 62 sint *PA* : sunt *J* 63 et (*post* az) *PA* : *om. J* 64-65 nota t ... loco bg *PA* : *mg. m. rec. J* 65 super *PJ* : supra *A* 66 cum *PA* : eum *J* 68 bg *Björnbo* : ab *PAJ* 69 comprehenso *PJ* : comprehensa *A* 70 sunt *PJ* : sint *A* 71 abd age *PA* : ab ad age *J* 72 igitur *PJ* : ergo *A*

لكن نسبة القوة التي تصل إلى النقطتين h وt، إلى ضيائها في الجسم الذي توجد حدوده بين النقطتين u وz، تختلف عن نسبة القوة التي تصل إلى النقطتين b وg، إلى ضيائها في الجسم الذي توجد حدوده بين النقطتين u وz. ونسبة القوة التي تصل إلى ht، إلى ضيائها في uz هي مثل نسبة القوة التي تصل إلى bg، إلى ضيائها في uz[٤٩]. وبالإبدال، فإن نسبة القوة التي تصل إلى ht إلى القوة التي تصل إلى bg تكون مثل < نسبة > ضياء ht على uz إلى ضياء bg على uz.

ولكننا قد قلنا إن الضوء الذي يصل إلى ht هو أضعف من الضوء الذي يصل إلى bg. فالضياء الذي يصل إلى ht، على uz، هو أضعف من الضياء الذي يصل إلى bg، على uz. والضوء الذي يصل إلى bg لا يحدث ضياءً على uz، إذا لم يكن ذلك بالوصول إلى bg، لأن حدود القوة < المضيئة > تتضمن < حينئذ uz >.

لذا فإن جسماً مضيئاً يؤثِّر في جسم قريب منه بقوة أعظم من القوة التي يؤثر بها في هذا الجسم عندما يكون بعيداً. إذاً، عندما يكون جسم قريباً من الجسم الذي يضيئه، فإنه بالضرورة يكون مضاءً أكثر مما هو الحال عندما يكون بعيداً عنه، إذ إن ما قلناه أعلاه واضح، أي أنّ < الجسم المضيء > يؤثر فيه بقوة أعظم. وذلك ما أردنا أن نبين.

ـ ٢٣ ـ

جميع الأشياء المدركة وفق الزاوية المشكلة بحدود الضوء الذي يتلقى فعل البصر تُدْرَكُ وكأنها متساوية.

مثال ذلك أن نفرض أن البصر في النقطة a، وأن حدود الضوء الذي يتلقى فعل البصر هي الخطان ab وag. فأقول إن جميع الأعظام التي يحدها الخطان ab و ag < تُرى > متساوية. وهذا ما نثبته على الشكل التالي:

فلنفرض أن الخط الذي تحده النقطتان b وg هو العِظم bg. وليكن عِظم آخر تحده نقطتان أخريان من الخطين ab وag: النقطة d من الخط ab والنقطة e من الخط ag، وليكن de هذا العِظم.

---

(٤٩) إن التأكيد الذي تتضمنه هذه الجملة يبدو، للوهلة الأولى، مناقضاً للتأكيد الذي تتضمنه الجملة السابقة، وقد نقع في إغراء تصحيح النص، باستبدال uz بِـ bg. لكن الجملة التي تلي تؤكد على uz، إذ إن العنصر الثاني من النسبة الثانية، بعد الاستبدال، هو ضياء bg على uz (ad impressionem bg in uz). إن حل هذه الصعوبة موجود في الجملة الأخيرة من المقطع اللاحق حيث نقرأ: «Et perveniens ad bg non imprimit in uz nisi cum fuerit in loco bg quoniam fines uirtutis continent ipsum». يجب أن نفهم، كما تشرح ذلك هذه الجملة، أن uz تارة يعتبر وكأنه في مكانه (على de) عندما يتلقى ضياء ht، وطوراً يعتبر وكأنه مفترض في bg (المساوي له) عندما يتلقى ضياء bg. إن هذا التلاعب بالذات في التساوي بين uz و bg، وفي النقل المتخيل لِـ uz إلى bg هو الذي يُشكل عَصب الاستدلال.

Proportio autem uirtutis, que peruenit ad duas notas *h* et *t*, ad impressionem suam in corpus, cuius fines continent due note *u* et *z*, diuersa est a proportione uirtutis, que peruenit ad duas notas *b* et *g*, ad impressionem suam in corpus, cuius fines due note *u* et *z* continent. Et proportio uirtutis peruenientis ad *ht* ad impressionem suam in *uz* est sicut proportio uirtutis peruenientis ad *bg* ad impressionem suam in *uz*. Et cum permutauerimus, erit tunc proportio uirtutis peruenientis ad *ht* ad uirtutem peruenientem ad *bg* sicut impressio *ht* in *uz* ad impressionem *bg* in *uz*.

Iam uero est premissum quod lumen perueniens ad *ht* debilius existit lumine perueniente ad *bg*. Ergo impressio perueniens ad *ht* in *uz* debilior est impressione perueniente ad *bg* in *uz*. Et perueniens ad *bg* non imprimit in *uz*, nisi cum fuerit in loco *bg*, quoniam fines uirtutis continent ipsum.

In unum ergo corpus, cum corpori ipsum illuminanti propinquum existit, uirtutem fortiorem imprimit quam uirtus quam imprimit in ipsum, cum ab eo elongatur. Corpus ergo, cum corpori ipsum illuminanti propinquum existit, magis luminosum est necessario quam cum ab eo elongatur, postquam manifestum est quod prediximus, scilicet quod imprimit in ipsum uirtutem fortiorem. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 23 >

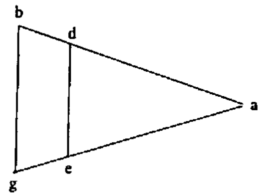
Omnia que angulo sentiuntur, qui prouenit ex finibus luminis a uisu patientis, sentiuntur equalia.

Verbi gratia ponam ut uisus sit apud notam *a*, et fines luminis patientis a uisu sint due linee *ab ag*. Dico igitur quod omnes quantitates, quas due linee *ab ag* circumdant, sunt equales. Quod sic probatur.

Ponam enim ut linea, quam due note *b* et *g* circumdant, sit quantitas *bg*. Et sit quantitas altera, quam due alie note duarum linearum *ab ag* circumdant, que sunt nota *d* linee *ab* et nota *e* linee *ag*, que sit quantitas *de*.

86 est premissum *PJ* : premissum est *A* 92-94 uirtutem ... existit *PJ* : *om. A*

الشكل رقم (٢٢)



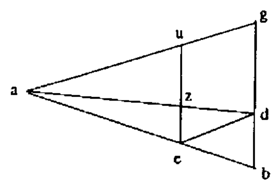
وهكذا فإن البصر يدرك النقطتين d وb على خط واحد، أي الخط ab، والنقطتين e وg على خط واحد، أي الخط ag. فهو لا يرى أن حدود كل من المقدارين bg وde متباعدة، بل يرى أن حدودهما القصوى متطابقة. لكن الأشياء التي لا نرى واحداً منها يتجاوز الآخر، تُرى متساوية، إذ إن الواحد منها نراه يغطّي تماماً الآخر. فالخطان bg و de يُريان متساويين. فأحدهما يغطي تماماً الآخر، ونهايتا أحدهما لا تتجاوز نهايتي الآخر. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

ـ ٢٤ ـ

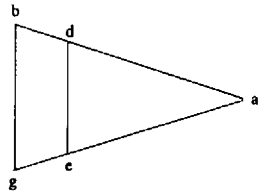
إنّ زاويةً أصغر من الزوايا المشكلة بحدود الضوء الذي يتعرض لفعل البصر[٥٠] تدرِك شيئاً معلوماً وكأنه أصغر، كما أنّ <زاوية> أعظم تدركه وكأنه أعظم.

مثال ذلك أن نفرض أن البصر في النقطة a؛ ونفرض أن الزاوية المشكلة بحدود الضوء الذي يتعرض لفعل البصر هي الزاوية bag؛ لنصل b مع g؛ ولتكن زاوية أخرى محصورة بين الخطين da وag. لنفرض أن d تنتمي إلى الخط bg. فأقول إنّ العِظم dg المدرَك بزاوية dag، التي هي أصغر، يُدرَك وكأنه أصغر مما هو الأمر عندما يُدرَك بزاوية bag. نثبت ذلك كما يلي:

الشكل رقم (٢٣)



(٥٠) يجب أن نفهم عبارة «حدود الضوء الذي يتعرض لفعل البصر»، في القضيتين ٢٣ و٢٤، على هذا الشكل: «نهايتا الشعاعات البصرية الخارجة من العين».

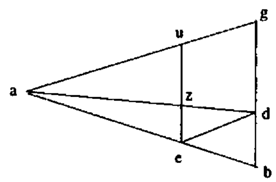


Visus itaque cernit duas notas *d b* super lineam unam, scilicet lineam *ab*, et duas notas *e g* super lineam unam, scilicet lineam *ag*. Non ergo uidet aliquem finium alicuius duarum quantitatum *bg de* ab alio egredi, sed uidet fines extremitatum equales. Ea uero, quorum unum aliud superare non uidetur, uidentur equalia, quoniam unum aliud cooperire uidetur. Due ergo linee *de bg* equales uidentur. Una enim earum alteram cooperit, neque extremitates unius earum superant alterius extremitates. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

< 24 >

Minor angulis, qui proueniunt ex finibus luminis patientis a uisu, sentit rem datam minorem, et maior sentit maiorem.

Verbi gratia ponam ut uisus sit apud notam *a*, et ponam ut angulus, qui prouenit ex finibus luminis patientis a uisu, sit angulus *bag*, et coniungam *bg*, et sit alter angulus contentus a duabus lineis *da ag*. Et ponam ut *d* sit linee *bg*. Dico igitur quod quantitas *dg* sentitur angulo *dag* minore minor quam cum sentitur angulo *bag*. Quod sic probatur.



<23>

11 et ... ag *PJ* : *mg. m. pr. A* 12 aliquem *PA* : aliquam *J* 14 non uidetur uidentur *PA* : nobis uidentur *J*

<24>

1 angulis *AJ* : *corr. m. pr. ex* angulus P 4 bag *PA* : bg *J* 7 minor *PJ* : *om. A*

فلنخرج من النقطة d خطاً موازياً للخط ag ومنتهياً إلى الخط ab، أي الخط de. لنخرج من e خطاً موازياً للخط bg ومنتهياً إلى الخط ag، أي الخط eu. فتكون أضلاع الرباعي deug هي متوازية > <ثناءً> . ويكون الضلعان dg وeu. متساويين. لتكن النقطة z الموضع الذي يقطع فيه الخط ad الخط eu. لذا فإن zu هو جزء من eu. فهو يُدرَك وكأنه أصغر من eu. لكن العِظم dg يُدرَك وكأنه مساوٍ للمقدار uz، لأنهما محصوران في زاوية واحدة هي الزاوية dag. لكن dg، بعظمه الحقيقي، هو eu، ويُدرَك eu وكأنه يساوي bg بزاوية bag. لذا فإن dg يُدرَك وكأنه أصغر بزاوية أصغر، هي dag، ويُدرك وكأنه أعظم بزاوية أعظم، هي bag. وذلك ما أردنا أن نبيّن.

Protraham enim a nota *d* lineam equidistantem linee *ag* peruenientem ad lineam *ab*, que sit linea *de*. Et producam ab *e* lineam equidistantem linee *bg* et peruenientem ad lineam *ag*, que sit linea *eu*. Quadratum igitur *deug* equidistantium est laterum. Latera ergo *dg* et *eu* sunt equalia. Notabo autem locum, ubi linea *ad* secat lineam *eu*, nota *z*. Ergo *zu* est pars *eu*. Ergo ipsa sentitur minor *eu*. Quantitas autem *dg* sentitur equalis quantitati *uz*, quoniam ab uno continentur angulo, scilicet angulo *dag*. Sed *dg* secundum quantitatem est *eu*, et *eu* sentitur angulo *bag* equalis *bg*. Ergo *dg* minor sentitur angulo minore, qui est *dag*, et maior angulo maiore, qui est *bag*. Et illud est quod demonstrare uoluimus.

Explicit liber de aspectu

8 peruenientem *PA* : prouenientem *J* 13 zu *PJ* : uz *A* sentitur (*post* dg) *PA* : sectatur *A* 14 continentur *PJ* : continetur *A* 14-15 scilicet angulo *PA* : *om. J* 15 bag *correxi* : abg *PAJ* 16 dg *PJ* : bg *A* 18 explicit ... aspectu *PA* : explicit *J add. rubr.* explicit liber Alchindi philosophi de diuersitate aspectuum *m. pr. inferius J*

ملاحظة حول تحقيق النص اللاتيني
لكتاب «*De Aspectibus*»

إن كتاب الكندي *Liber de Causis Diversitatum Aspectus* الذي شاعت تسميته بـِ *De Aspectibus* في المصنفات المختصة، كان موضوع تحقيق أول ووحيد وضعه بيورنبو (A. Björnbo) في بداية القرن العشرين استناداً إلى جميع المخطوطات المعروفة[1] آنذاك. إلا أنه قد بدا لنا مفيداً أن نقدم هنا تحقيقاً جديداً لهذا المؤلّف، وذلك للدوافع التالية:

أولاً، إن تحقيق بيورنبو هو اليوم صعب المنال، ممّا يجعل مقابلة الترجمة التي نقترحُها مع النص اللاتيني للمؤلَّف عملية غير سهلة للقارىء. إلاّ أنه يبدو لنا من الضروري توفير إمكانية لمقابلة من هذا النوع، وبخاصة بسبب ضياع النص العربي الأصلي للكندي. ولا بد لهذه الترجمة، في الواقع، من أن تعكس سلباً أو إيجاباً صفات النص اللاتيني: ميزاته وكذلك عيوبه، أو انحرافاته. لذلك من الضروري أن يتواجد مع هذه الترجمة النص اللاتيني الذي هو مصدرها والذي يبرّر بعض الخيارات في هذه الترجمة.

نضيف أيضاً أنه قد يبدو غير مفهوم ألاّ نترك للقارىء المستعرب وسيلة للتكهن، عند الحاجة، بالمصطلحات العربية التي يمكن أن تغطيها صيغ لاتينية مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، نقدّم عدداً كبيراً من الشروحات والتوضيحات في الملاحظات التي خصصناها لتبيان مضمون مؤلف الكندي، وهي تتعلق بالطبع بالنص اللاتيني (نظراً لغياب الأصل العربي). ومن بين الأسباب التي دفعتنا إلى وضع تحقيق نقدي جديد، هو اكتشاف مخطوطة لكتاب *De Aspectibus* لم يطّلع عليها بيورنبو، وهي محفوظة في مكتبة كولمبوس في إشبيلية[2].

---

(١) Axel Anthon Björnbo und Sebastian Vogl, eds., *Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid,* Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften; heft 26,3 (Leipzig: B.G. Teubner, 1912).

وضع التحقيق بيورنبو (ص ٣ ـ ٤١) وقام بالشرح فوغل (ص ٤٢ ـ ٧٠). ومن الآن فصاعداً سنسمي التحقيق بيورنبو ـ فوغل.

(٢) حول تكوين هذه المجموعة من المخطوطات على يد فرناند كولمبوس (Fernand Colomb) (١٤٨٨ ـ ١٥٣٩)، الابن الثاني غير الشرعي لمكتشف أمريكا، انظر: G. Beaujouan: «Fernand Colomb et l'Europe intellectuelle de son temps,» *Journal des savants* (1960), pp. 145-159, et «Fernand Colomb et le marché du livre scientifique à Lyon en 1535-1536,» papier présenté à: =

إن هذه المخطوطة، التي تعود إلى القرن الثالث عشر[٣]، لا تقدّم حقاً تعديلات مهمة على تحقيق بيورنبو، إلا أنّها تسمح بتحقيق أكثر دقة لنص *De Aspectibus*. ذلك أنّها، وكما سنرى لاحقاً، الممثل الأقدم لأحد الفرعين الرئيسيين لتقليد مؤلّف الكندي، كما أنها في الوقت نفسه تتميز بنوعية النَسخ فيها.

التقليد المخطوطي لكتاب «*De Aspectibus*»

إن التسليم بفائدة وضع تحقيق جديد لكتاب *De Aspectibus*، لا يستدعي أبداً إعادة العمل، الذي أنجزه بيورنبو، بأكمله: أي القيام بمقابلة دقيقة لجميع المخطوطات المعروفة حالياً، ووضع بيان بالاختلافات، وكتابة حواشٍ جديدة وكاملة تتناول جميع الصيغ. وبعد أن تفحصنا بأنفسنا أربع مخطوطات من أصل المخطوطات الإحدى عشرة التي استخدمها بيورنبو، تحققنا من متانة دراسته المتعلقة بتاريخ المخطوطة من الناحية التقنية، ومن جدّية تعليقاته في الحواشي[٤]. فضلاً عن ذلك، نجد أن سبعاً من المخطوطات الاثنتي عشرة لكتاب *De Aspectibus* تتضمن أيضاً **علم المناظر** لبطلميوس. كما أن لدينا حول هذه المخطوطات (هذا إذا كان نساخ أعمال الكندي هم أنفسهم نساخ أعمال بطلميوس) تحليلات معمقة من لوجون حول تقليد مؤلف بطلميوس[٥]. وتُضاف إلى ذلك، دراسات متنوعة دقيقة حول هذه المخطوطة أو تلك، نجدها في المراجع المختصة منذ عصر بيورنبو. وقد استندنا إلى تحليلات بيورنبو وإلى هذه الدراسات الأكثر حداثة، وسعينا لإعادة تفحص تتابع ونسبة المخطوطات ولتحديد موقع مخطوطة إشبيلية في مجمل تقليد *De Aspectibus*.

Actes du 112e congrès national des sociétés savantes, Lyon, 1987 (Paris: [Ministère de = l'éducation nationale, comité des travaux historiques et scientifiques, 1988), pp. 55-63.

(٣) يتعلق الأمر بالمخطوطة المسماة J في لائحة المخطوطات في هذا الكتاب، ص ٤٦٨.

(٤) إن نوعية عمل بيورنبو قد سلم بها بيركنماجر (A. Birkenmajer) في تنقيحة لنص Björnbo-Vogl والذي ظهر في: *Bibliotheca Mathematica*, no. 13 (1912-1913), pp. 273-280.
والانتقادات الوحيدة التي صانها بيركنماجر تتعلق بتتابع المخطوطات الذي اقترحه بيورنبو.

(٥) انظر: Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, edition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune, collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 31 (Leiden; New York: E. J. Brill, 1989).

لائحة المخطوطات

لقد اعتمدنا بالطبع الرموز الأبجديّة، التي استخدمها بيورنبو للإشارة إلى مخطوطات *De Aspectibus*. ولكي نتجنب أي التباس اخترنا بالنسبة إلى مخطوطة إشبيلية، التي لم يعرفها بيورنبو، الحرف J الذي لم يُستخدم لا في التحقيق الذي وضعه بيورنبو لمؤلف الكندي، ولا في التحقيقين للمؤلفَيْن الآخرين في علم المناظر واللذين وضعهما بيورنبو في المؤلَّف نفسه، ولا في التحقيق اللاتيني لكتاب **علم المناظر** لبطلميوس الذي وضعه لوجون. وبالنسبة إلى كل مخطوطة سنشير فقط إلى الدراسات ذات الدلالة بالنسبة إلى مسعانا، وسنهمل الإرجاعات ذات الطابع العام، إلى فهارس المخطوطات.

A Milan, Bibliotheca Ambrosiana, T 100 sup.

مكتوبة بالإيطالية في بداية القرن الرابع عشر.

[Axel Anthon Björnbo und Sebastian Vogl, eds., *Alkindi, Tideus umd Pseudo-Euklid,* Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften; heft 26, 3 (Leipzig: B.G. Teubner, 1912), pp: 123-124, and Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile,* édition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune, collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 31 (Leiden; New York: E. J. Brill, 1989), pp. 38-39 et 67-68.

لقد دقّقنا كلياً في هذه المخطوطة على ميكروفيلم، وسنقدم في التعليقات والحواشي ما فيها من اختلافات في النص.

B Bâle, Öffentliche Bibliothek der Universität, F.II.33.

كتبت في منطقة ألمانية في منتصف القرن الرابع عشر.

De Aspectibus: fol. 122^{v}-127^{r}.

[انظر: المصدران نفسهما، ص ١٢٤ ـ ١٢٩، وص ٣٩ على التوالي.

انظر أيضاً: A. A. Björnbo, «Über zwei Mathematischen Handschriften aus dem Vierzehnten Jahrhundert,» *Bibliotheca Mathematica,* 3e série, no. 3 (1902), pp. 63 - 75].

C Oxford, Bodleian Library, Corpus Christi College 254.

كتبت في بداية القرن الرابع عشر.

De Aspectibus: fol. 207^{r}-212^{r}.

تنقص القضيتان الأولى والثانية. تبدأ المخطوطة على الشكل التالي:

«Umbras quoque corporibus maiores videmus cum candelas...».

أضيفت بداية النص في القرن السادس عشر، الصفحات ٢٠٧ ظ إلى ٢١٢ ظ. (هذا الجزء من المخطوطة يشار إليه بالحرف 'C في لائحة بيورنبو).

[Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp. 129-130].

J Séville, Biblioteca Colombina, 7-6-2.

كتبت بأيادٍ عديدة، في القرنين الثالث عشر والرابع عشر.

De Aspectibus: fol. 141^{v}-162^{r}.

كتبت في نهاية القرن الثالث عشر.

[*Aristoteles Latinus: Codices,* descripsit Georgius Lacombe in societatem operis adsumptis A. Birkenmajer, M. Dulong, Aet. Franceschini, Corpus Philsophorum Medii Aevi, editio nova, ad editionem romanam anni 1939 phototypice expressa, addito corrigendorum elencho ([Paris]: Bruges, Desclée, de Brouwer, 1957-), vol. 2. pp. 829-830, no. 1185; *Supplementa Altera,* edidit Laurentius Minio-Palluelo, Corpus Philosophorum Medii Aevi ([Paris]: Bruges, Desclée, de Brouwer, 1961), p. 126, and Ch. Loher, «Aristotelica Hispalensia,» *Theologie und Philosophie,* no. 50 (1975), pp. 547-564, esp. pp. 552-553].

لقد دققنا كلياً في هذه المخطوطة، وسنقدم في التعليقات والحواشي ما فيها من اختلافات في النص.

K Cracovie, Bibl. Jagiellonska 569.

كتبت في بداية القرن الرابع عشر.

De Aspectibus: fol. 250-261.

[Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp.132-134, and Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile,* pp. 42-43.

M Milan, Bibliotheca Ambrosiana, P 21 sup.

كتبت في نهاية القرن الرابع عشر أو في بداية القرن الخامس عشر.

De Aspectibus: fol. 135^{r} - 162^{r}.

[Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp. 136-137].

لقد اطلعنا على هذه المخطوطة على ميكروفيلم، لكننا لم نعتمدها في التحقيق.

O Oxford, Bodleian Library, Ashmole 357.

كتبت في القرن الرابع عشر.

De Aspectibus: fol. 91r-97v.

إن مؤلف الكندي هنا غير كامل في نهايته، فهو يتوقف في منتصف القضية السادسة عشرة على الشكل التالي:

«... Quod est si preparavimus corpus tersum et posuerimus eius superficiem transeuntem per lineam ab et obuiauerimus cum tabula transeunte per lineam uz».

[المصدر نفسه، ص ١٣٧ ـ ١٣٨].

P Paris, Bibliothèque nationale, lat. 9335.

كتبت في منطقة بادو وفينيسيا في بداية القرن الثالث عشر.

De Aspectibus: fol. 75r-82r.

[المصدر نفسه، ص ١٣٨؛ Björnbo, «Über zwei Mathematischen Handschriften aus dem Vierzehnten Jahrhundert,» pp. 63-75, and France, bibliothèque nationale, département des manuscrits, centre de recherche sur les manuscrits enluminés, *Manuscrits enluminés d'origine italienne,* manuscrits enluminés de la bibliothèque nationale (Paris: La Bibliothèque, 1980-), vol. 2: *XIIIe siècle,* [rédigé] par François Avril et Marie-Thérèse Gousset avec la colloboration de Claudia Rabel, pp. 1 et 5].

R Paris, Bibliothèque nationale, lat. 10260.

كتبت في النصف الثاني من القرن السادس عشر.

De Aspectibus: fol. 153r-169r.

إن مؤلف الكندي في هذه المخطوطة غير كامل في البداية والنهاية. فهو يبدأ بعد مستهل القضية الرابعة:

«secundum rectitudinem perueniet ad unam candelarum et diuidet ipsam...».

وينتهي في سياق القضية الثانية والعشرين:

«... sicut proportio uirtutis partis eius ad ipsam partem. Quod sic probatur».

[Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp. 139-140; Ptolémée, *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile,* p. 43, et Albert Lejeune, *«Trois manuscrits de l'optique de Ptolémée descendants du Vaticanus Latinus 2975,» Scriptorium,* vol. 4 (1950), pp. 18-27].

لقد اطلعنا على هذه المخطوطة، لكننا لم نعتمدها في التحقيق.

S Oxford, Bodleian Library, Saville 24.

كتبت في القرن السادس عشر.

De Aspectibus: fol. 139r-167v.
[Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp. 140-141, and Ptolémée, Ibid., pp. 43 - 44.
T Rome, Biblioteca Nazionale Centrale, 2548 (Gesuiticus 419/H. C. 93).

كتبت في القرن السادس عشر.

De Aspectibus: fol. 107r - 122v.

إن مؤلف الكندي في هذه المخطوطة غير كامل في البداية والنهاية. فهو يبدأ بعد مستهل القضية الرابعة:

«secundum rectitudinem perueniet ad unam candelarum et diuidet ipsam...».

وينتهي في سياق القضية الثانية والعشرين:

«... sicut proportio uirtutis partis eius ad ipsam partem. Quod sic probatur».

[المصدران نفسهما، ص ١٤١ ـ ١٤٢، وص ٤٤ ـ ٤٥ على التوالي].

V Vatican, Bibliotheca Apostolica, Vat. Lat. 2975.

كتبت في مكتبة الفاتيكان على يد فيديريكو رانالدي (Federico Ranaldi) في العام ١٥٥٤.

De Aspectibus: fol. 216r - 231v.

إن مؤلف الكندي في هذه المخطوطة غير كامل في البداية والنهاية. فهو يبدأ بعد مستهل القضية الرابعة:

«secundum rectitudinem perueniet ad unam candelarum et diuidet ipsam...».

وينتهي في سياق القضية الثانية والعشرين:

«... sicut proportio uirtutis partis eius ad ipsam partem. Quod sic probatur».

[المصدران نفسهما، ص ١٤٢ ـ ١٤٤، وص ٤٥ على التوالي، و
Albert Lejeune, «Codex Vaticanus Latinus 2975,» *Bulletin de l'institut historique belge de Rome*, no. 24 (1947-1948), pp. 123-137].

مقطع عائد للقرنين الثالث عشر والرابع عشر:
Oxford, Bodleian Library, Digby 168, fol. 129r-130v.

تصنيف المخطوطات

ليس في نيّتنا هنا وضع دراسة كاملة ومفصلة عن التقليد المخطوطي لكتاب *De Aspectibus*، لكن ما يهمنا فقط هو تصنيف المخطوطات المفيدة للتحقيق، وذلك لكي نأخذ منها فقط المخطوطات الضرورية لهذا التحقيق.

وفقاً لهذه الفكرة، نستطيع أن نستبعد فوراً من دراستنا عدداً من المخطوطات التي ليس لها أية فائدة لإثبات النص. وهي:

ـ المقطع القصير من مخطوطة Digby 168.

ـ المخطوطة S المتحدّرة من المخطوطة K، والمصحّحة بناء على فرضية: حول هذه النقطة يؤكد ويُوَضِّح لوجون [Ptolémée, Ibid., pp. 96 - 99]، بالنسبة إلى **علم المناظر** لبطلميوس، الاستنتاج الذي توصل إليه بيورنبو بالنسبة إلى *De Aspectibus* [Björnbo und Vogl, eds., Ibid., p. 161].

ـ مخطوطات المجموعة RVT، وهذه المخطوطات الثلاث تحتوي تماماً على القسم نفسه من مؤلف الكندي، مع الثغرات نفسها في البداية والنهاية. وقد أظهرت دراسات لوجون المذكورة أعلاه الخاصة بكل واحدة من هذه المخطوطات، أنها تتحدّر من أصل مشترك. وفي ما يخصُّ مؤلف **علم المناظر** لبطلميوس، إن هذا الأصل المشترك ينتمي إلى مجموعة B وK وِفق ما قاله لوجون [Ptolémée, Ibid., pp. 62 - 63]. بالمقابل، وفي ما يتعلق بمؤلف *De Aspectibus*، فإنه من السهل أن نلاحظ أن المخطوطات RVT تنتمي إلى المجموعة نفسها لمخطوطة A، كما بيّن ذلك بيورنبو [Björnbo und Vogl, eds., Ibid., pp. 159-160]. فضلاً عن ذلك، فقد تحققنا من هذا الأمر بأنفسنا من خلال مقارنة المخطوطتين A وR على مجمل النص، ومن خلال إبراز الإغفالات ثم الأخطاء المشتركة. وبالتالي، فإن المخطوطات RVT يمكن استبعادها من دراستنا، نظراً لكونها شواهد عن كتاب الكندي، أتت متأخرة للغاية زمنياً، وهي ذات نوعية رديئة، كما أنها تنتمي إلى مجموعة تمثلها المخطوطة A بشكل ممتاز.

ـ المخطوطة M، الرديئة جدّاً، وهي تنتسب بشكل وثيق إلى المجموعة التي تتضمن مخطوطتين ممتازتين هما P وA. وهذه المخطوطة مشوهة بعدد ضخم من الأخطاء، كما لاحظنا ذلك بأنفسنا، والأخطاء هذه بالإضافة إلى صلة المخطوطة بمجموعتها تقودنا إلى استبعادها من دراستنا.

بعد أن قمنا باستبعاد هذه المخطوطات يبقى علينا إذن أن نتفحص العلاقات بين المخطوطات A, B, C, J, K, O, P. لقد أحصينا في البداية الإغفالات المهمة (أي التي تتناول أكثر من كلمتين) التي تحدث في مخطوطة واحدة أو في عددٍ من هذه المخطوطات. ولأجل ذلك، أخذنا بعين الاعتبار التصحيحات التي أجراها النساخ. وهكذا نسمي P^0 نص المخطوطة P قبل التصحيحات التي أجراها الناسخ الوحيد للمخطوطة على الهامش أو بين السطور، ونسمي P^1 النص المذكور بعد هذه التصحيحات.

وكذلك نسمي A^0 نصَ المخطوطة A قبل تصحيحات الناسخ؛ وA^1 هذا النص بعد هذه التصحيحات. بالمقابل، فإن الحرف J^2 يرمز بالطبع إلى يد أكثر حداثة من يد ناسخ J^1 الذي دوّنَ *De Aspectibus*. والنتائج التي توصلنا إليها مدرجة في الجدول رقم (١) (حيث نرى مقابل كل مخطوطة عدد الإغفالات فيها)(*).

الجدول رقم (١)

	A^0	A^1	B	C	J^1	J^2	K	O	P^0	P^1
A^0	11									
A^1		4								
B			14							
C			2	32						
J^1					11					
J^2						3				
K							21			
O								8		
P^0									1	
P^1										0

(*) الإضافة هي من قبل المترجم.

يُبرز هذا الجدول نوعية بعض المخطوطات ورداءة البعض الآخر. إن الإغفال الوحيد المهم في P^0 قد صُحح بيد الناسخ نفسه في الهامش. أما الإغفالات في نص A^0 وعددها أحد عشر فقد تم تصحيح سبعة منها بيد الناسخ الأول. ومن بين الأربعة الباقية هناك ثلاثة سببها القفز من كلمة في سطر ما إلى الكلمة نفسها في سطر آخر، والإغفال الأخير يتمثل في حذف عبارة «quod demonstrare voluimus» في نهاية أحد البراهين. أما إغفالات J^1 وعددها أحد عشر، فإن ثمانية منها قد صححت بيد لاحقة. أما المخطوطات BCK فهي، بالمقابل، تتضمن عدداً كبيراً من الإغفالات المهمة. غير أن العدد الصغير للغاية من الإغفالات، في هذا الجدول، وهي مهمة ومشتركة بين عدد من المخطوطات، لا يسمح لنا بتصنيف هذه المخطوطات. لذلك أحصينا أيضاً، بطريقة منهجية، الإضافات المهمة (أي التي تتناول أكثر من كلمتين)، وكذلك الإغفالات والإضافات الأقل أهمية، المشتركة بين عدّة مخطوطات. إن مجموع هذه الإحصاءات التي لم ندرجها هنا بسبب السرد الطويل الذي تَتَطَلَّبَه، قد قادنا إلى استنتاج مفاده أن المخطوطات تتوزع في مجموعتين أساسيتين هما مجموعة P وA من جهة، ومجموعة JKO من جهة أخرى، أما المخطوطتان B وC فترتبطان في آن واحد بِكُلٍّ من هاتين المجموعتين. إن تحليلاً أكثر دقة لما تعرضت له هذه المخطوطات من حوادث مختلفة، يؤكد هذا الاستنتاج. وهكذا فقد أبرزنا حوالى عشرة تباينات أو أخطاء مشتركة بين J وK، وبينهما فقط، فهما تؤلفان بالتالي مجموعة صغيرة ضمن مجموعتهما. أما المخطوطتان B وC فإنهما تعيدان كتابة النص نفسه في أربعة مواضع: في اثنين منها يتطابق النصان تماماً، وفي الموضعين الآخرين يتطابق النصان مع إغفال في المخطوطة C لكلمة ولكلمتين على التوالي بالمقارنة مع المخطوطة B؛ وهذا ما يؤكد القرابة بين هاتين المخطوطتين.

هناك ملاحظة أخرى مثيرة للاهتمام تبرز من المقارنات التي أجريناها، وهي أن المخطوطة P لا تتضمن أي إغفال مشترك مع المخطوطات الأخرى، بل هي تتضمن إضافات فقط (إذا أخذنا بعين الاعتبار التصحيحات التي قام بها ناسخ المخطوطة P بنفسه). يوجد في هوامش P نوعين من الملاحظات: تصحيحات، وهي نادرة، وسبعة تعليقات. وقد أُدرج أحد هذه التعليقات (id est axe, 9.30) في المخطوطتين A وO بين السطور.

ويوجد تعليق آخر (id est in qua est, 10.7) أُدرج في نص المخطوطة C. ويوجد ثالث (vel non videntur circuli, 7.22) أُدرج في نص المخطوطات ACK (مع اختلافات صغيرة في الكلمات: vel/et، أو في المكان). ومن بين التعليقات الأربعة الباقية، فإن النسخة J تدرج واحداً منها في النص مع نقله إلى مكان آخر (id est per se nota, 12.16؛ انظر 12.19)، وتترك اثنين منها في الهامش (19.66 و20.2). ويبقى تعليق واحد في المخطوطة P لا تُدرِجه أية واحدة من المخطوطات الأخرى (12.52).

إن المخطوطة P، التي تتضمن ثلاثة إغفالات صغيرة (a, 20.21, ut, 13.105, nos. 11.79)، لا نجدها في المخطوطات الأخرى، لا يمكنها أن تكون المصدر المباشر لهذه المخطوطات، إلا أن مجموع المعلومات المتوفرة لدينا بشأن هذه المخطوطة، وقِدَمها، يجعلانها تبدو قريبة للغاية من الأصل المشترك لفرعي تقليد هذه المخطوطات. كما أنها أيضاً قريبة للغاية من الأصل نفسه لتقليد *De Aspectibus*. لقد أحصينا مجموع ما طرأ على كل واحدة من المخطوطات (أي الإغفالات والإضافات، باستثناء الأخطاء والاختلافات) ووصلنا إلى النتيجة التالية: P3, O 37, K 100, (J²48) J¹ 71, C 99, B130, A 27. (وهذه النتيجة ينبغي تصحيحها باعتبار أن النسخة O هي غير مكتملة وينقصها أكثر من ربع النص). وهكذا فإن المخطوطة P تتضمن عدداً صغيراً للغاية من الحوادث الطارئة عليها، وهذا العدد صغير بحد ذاته كما أنه صغير بالمقارنة مع بقية المخطوطات. حتى ولو أضفنا إلى هذه الحوادث الطارئة حوالى اثني عشرة خطأً بديهياً (مرتبطاً بقواعد اللغة أو بالحروف في البراهين الهندسية)، فإن المخطوطة P تبقى ذات نوعية مميّزة. وإذا أخذنا بالاعتبار أن أية نسخة مخطوطة من العصر الوسيط تتضمن عدداً من الأخطاء بالنسبة إلى النص المنسوخ، ـ أي حوالى خطأً واحد في الصفحة بالنسبة إلى ناسخ متوسط المهارة وفق دين (A. Dain)[٦] ـ فإنه من الواضح أن المخطوطة P صادرة عن تقليد قصير المدة.

واستناداً إلى دراسة الزخرفات الملونة في المخطوطات، استنتج مؤلفا الفهرس المذكور أعلاه، أڤريل (A. Avril) وغوسيه (M.-Th. Gousset)، أن

---

(٦) انظر: Alphonse Dain, *Les Manuscrits*, collection d'études anciennes (Paris: Belles lettres, 1949), p. 43.

المخطوطة P قد نسخت في بادو أو في فينيسيا، وأنها تعود إلى بداية القرن الثالث عشر[٧]، وليس إلى القرن الرابع عشر، كما ساد الاعتقاد لفترة طويلة. إن انتشار ترجمات جيرار دو كريمون في إيطاليا قد حصل بسرعة كبيرة على ما يبدو. مثال ذلك ترجمة جيرار لمؤلف *Microtegni* لجالينوس، والتي كانت معروفة منذ عام ١١٩٨ من قبل معلم اسمه أورسو لاودنسيس (Urso Laudensis) كان يدرّس في كريمون (Crémone)[٨]. ومن المحتمل تماماً أن كثيراً من ترجمات جيرار الأخرى قد أُحضرت إلى إيطاليا، بعد مدة قصيرة من وفاته في عام ١١٨٧م، على يد بعض من مريديه أو تلامذته الذين ربما كانوا متحدرين من هذا البلد. وهكذا فإن النص P ربما يكون قد نسخ من مخطوطة (أو من عدة مخطوطات) من ترجمات لجيرار أحضرت من طليطلة في نهاية القرن الثاني عشر أو في بداية القرن الثالث عشر. وكما لاحظ بعض الباحثين[٩]، فإن هذه المخطوطة تشكل وحدها مختارات حقيقية لترجمات قام بها جيرار، لأعمال في الرياضيات وفي علم الفلك بشكل أساسي. نضيف أن جميع النصوص الموجودة في P هي ترجمات من العربية إلى اللاتينية، وفي رأينا، هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن جميع هذه الترجمات هي من وضع جيرار[١٠].

(٧) انـظـر: Björnbo und Vogl, eds., *Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid;* A. A. Björnbo, «Über zwei Mathematischen Handschriften aus dem Vierzehnten Jahrhundert,» *Bibliotheca Mathematica*, 3e série, no. 3 (1902), and France, bibliothèque nationale, département des manuscrits, centre de recherche sur les manuscrits enluminés, *Manuscrits enluminés d'origine italienne*, manuscrits enluminés de la bibliothèque nationale (Paris: La Bibliothèque, 1980-).

(٨) انظر: Marie-Thérèse d'Alverny, «Translations and Translators,» paper presented at: *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century* (Conference), edited by Robert L. Benson and Giles Constable, with Carol D. Lanham (Oxford: Clarendon Press, 1982), pp. 421-462, esp. p. 458.

(٩) انظر على سبيل المثال: المصدر نفسه، ص ٤٥٢.

(١٠) في مقالته «Gerard of Cremona» يشير لوميه (R. Lemay) إلى أن المخطوطة BN Lat. 9335 تتضمن حوالى اثنتي عشرة ترجمة وضعها جيرار دو كريمون. لكن مقارنة بسيطة للائحة الأعمال التي ترجمها جيرار (والمعطاة في المقالة نفسها) مع لائحة الأعمال الموجودة في المخطوطة نفسها تظهر أن حوالى عشرين عملاً منها على الأقل (وليس حوالى اثني عشر فقط) هي ترجمات وضعها جيرار. لذلك من الجائز أن نتساءل ما إذا كانت المخطوطة P بمجملها مؤلفة من ترجمات لجيرار، وما إذا كانت نسخاً مباشراً لنصوص ربما أحضرها من إسبانيا رفاق لجيرار إبتداء من السنوات =

في خلاصة دراستنا المتعلقة بتاريخ المخطوطات من الناحية التقنية نشير إلى أن المخطوطة P قد فرضت نفسها بشكل واضح بصفتها المخطوطة الأساس لتحقيقنا. وقد استخدمنا أيضاً المخطوطة A التي تتضمن عدداً قليلاً من الحوادث الطارئة عليها. أما المجموعة JKO، فقد استخدمنا منها المخطوطة J، لا لأنها لم تُستخدم أبداً حتى الآن فحسب، بل أيضاً نظراً لما تمثله من قيمة خاصة بها؛ فهي الأقدم في مجموعتها، وقد تمت مراجعتها بعناية انطلاقاً من مخطوطة قريبة من الأصل المشترك لفرعي التقليد. وبالمقابل، فإن المخطوطة K تتضمن العديد من الأخطاء؛ في حين أن المخطوطة O تحتوي على عدد أقل من الأخطاء، لكنها غير مكتملة، وهي أحياناً تعيد صياغة النص، مما يُقَلِّلُ من الوثوق بها؛ أما المخطوطتان B وC فهما رديئتان للغاية، كما أنهما تعيدان أحياناً كتابة النص. لذلك فقد أهملنا جميع هذه المخطوطات التي سبق ذكرها. ونحن عندما نحتفظ فقط بالمخطوطات P وA وJ لتحقيق النص، فإننا بذلك لا نغفل أي فرع من فروع التقليد، كما أظهرت ذلك الدراسة الواردة أعلاه. ومن جهة أخرى تشكل هذه المخطوطات الثلاث قاعدة عريضة تكفي لتحقيق النص، كما ستظهر ذلك لاحقاً قراءة التعليقات والحواشي.

التعليقات والحواشي

تشرح التعليقات والحواشي التي نقدمها، المقابلة بين المخطوطات الثلاث P وA وJ لوضع النص الكامل لكتاب *De Causis Diversitatum Aspectus*. نلاحظ أن بين المخطوطتين P وA، بعض الاختلافات القليلة العدد بين الحواشي التي نقدّمها وتلك العائدة إلى بيورنبو. أما في ما يتعلق بالمخطوطة P، فإن هذه الاختلافات هي دائماً لصالح هذه المخطوطة. وبكلام آخر، فإن بعض الصيغ التي استبعدها بيورنبو من P هي في الواقع أخطاء ارتكبها عند قراءته للنص.

ولم نأخذ بعين الاعتبار الاختلافات الاملائية بين المخطوطات التي لها الصيغة نفسها. لقد اعتمدنا، عن قصد، الشكل الكتابي للمخطوطة الأساس P.

= الأخيرة للقرن الثاني عشر أو السنوات الأولى للقرن الثالث عشر. إن البحث حول هذه النقطة ما زال ينتظر من يقوم به. انظر: R. Lemay, «Gerard of Cremona,» in: Charles Coulston Gillispie, ed., *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols. (New York: Scribner, [1970-1980]), pp. 173-192, esp. p. 188.

وفي الحالات النادرة التي تكون فيها الصيغة المعتمدة في النص مأخوذة من مخطوطة أخرى غير P أو A أو J، فإننا نشير إلى هذا الأمر استثنائياً في الحواشي مستخدمين الحرف الذي يحدد هذه المخطوطة مُتْبَعاً باسم «Björnbo»، على سبيل المثال: (13.7) sint C Björnbo، وذلك لكي نسجل أننا استعرنا هذه الصيغة من تحقيق بيورنبو وليس من المخطوطة نفسها التي لم نرها. كما نشير، من جهة أخرى، إلى تصحيحات بيورنبو المعتمدة من قِبَلِنا والتي لم تُثْبت من خلال المخطوطات، وذلك بإدراج اسم المحقق القديم بعد التصحيح: على سبيل المثال: (22.68) bg Björnbo. أخيراً، نشير إلى تصحيحاتنا الخاصة بإدراج كلمة «correxi» بعد الصيغة المعتمدة، على سبيل المثال: (14.15) in errorem correxi.

أمّا الأشكال، فإنها تهدف إلى توضيح ما يقوله النص، وليس إلى إعادة تقديم منهجي لما نجده في المخطوطات. غير أنها بالتأكيد مستوحاة من الأشكال الواردة في أفضل شاهد لنا على نص *De Aspectibus*، أي المخطوطة P.

الترجمة اللاتينية

قد يكون مخالفاً للطرق السليمة أن نبني دراسة عن الترجمة اللاتينية لكتاب *De Aspectibus* وعن أساليبها استناداً إلى نص أصله العربي ضائع. فمثل هذه الدراسة لا يمكن القيام بها إلا بعد تحليل ترجمات أخرى وضعها جيرار، من خلال المقابلة المباشرة بين النصين العربي واللاتيني. لذلك سنكتفي هنا ببعض الملاحظات الموجزة.

نؤكّد أولاً أنّ نسبة هذه الترجمة إلى جيرار لا تثير أي شك. فكتاب *De Aspectibus* يرد في اللائحة الشهيرة لعناوين الترجمات بما فيها عنوان كتاب *Microtegni* لجالينوس. وقد وضع هذه اللائحة تلامذة جيرار وأصالتها معترف بها[١١].

---

(١١) هذه اللائحة كانت موضوعاً لعدة تحقيقات، وأحدثها من وضع سودهوف. انظر: K. Sudhoff, «Die Kurze 'Vita' und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona,» *Archiv für Geschichte der Medizin*, Bd. 8 (1914), pp. 73 - 82.

انظر أيضاً إحصاء التحقيقات الذي قامت به الفرني: «Alverny, «Translations and Translators, p. 452, note no. (133). =

إن السمة الأساسية المميزة للترجمات التي قام بها جيرار، كما نعرف، هي حرفيتها القصوى. ومن خلال هذه السمة، يظهر جيرار كمتابع لنهج مترجم آخر عمل في اسبانيا في القرن الثاني عشر، هو يوحنا الإشبيلي (Jean de Séville). غير أن جيرار يلتزم، أكثر من هذا الأخير، بالترجمة الصارمة verbum de verbo (أي كلمة لكلمة)، والتي أوصى بها بواس (Boèce). وتظهر هذه الحرفية قبل كل شيء في استخدام الصيغ النحوية المعقدة، المقلِّدة للصيغ العربية الواردة في نموذجه. وقد بيّن هذه الصيغ، في كل ظرف مناسب، عدة باحثين في ترجمات مختلفة لجيرار. ونجدها أيضاً في كتاب *De Aspectibus*. نذكر منها على سبيل المثال:

super cuius؛ quod est quoniam؛ quod est quia؛ et hoc est quod conversionem potuit؛ qoud est ex؛ وما إلى ذلك. من جهة أخرى، تقود الترجمة الحرفية إلى وضع مفردات تقنية خاصة، لا يكون فيها المفهوم التقني دائم الظهور بشكل فوري. ولهذه الأسباب، رأينا أنه من المفيد أن نقدّم أحياناً، في ملاحظات مرفقة بترجمتنا، بعض التوضيحات حول نقاط متعلقة بالمفردات، أو حول صعوبات في تفسير النص اللاتيني، وهي تبدو لنا في أغلب الأحيان مرتبطة بطريقة جيرار في الترجمة. لا ينبغي بالطبع اعتبار هذه الملاحظات بمثابة شرح لطريقة جيرار؛ وهو شرح لم يقم به أحد حتى الآن وينبغي القيام به، أوّلاً، استناداً إلى ترجمات أخرى.

= وهناك ترجمات إنكليزية مع شروحات أعطاها ماكفوغ ولوميه، في: Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science*, Source Books in the History of the Sciences (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1974), pp. 35-38, and Lemay, Ibid.

الملحق رقم (١)
من علم المناظر:
شهادة قديمة على كتاب «تصحيح الخطأ»

وصل إلينا هذا المقطع في مخطوطات عديدة. وهو في أغلب الأحيان يتّبع كتابة الطوسي لمؤلَّف **«علم المناظر»** لأقليدس. وقد تم تحقيقه هنا انطلاقاً من المخطوطات التالية:

Istanbul, Atif 1712, fol. 37^v. وقد سمينا هذه المخطوطة [A].

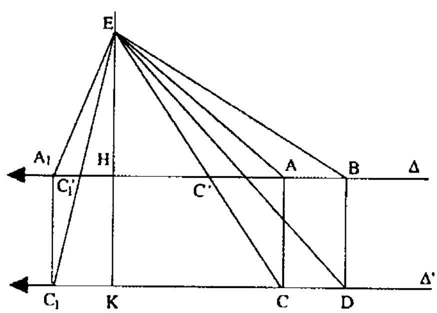
Paris, Bibliothèque nationale 2467/2, fol. 56^v. سمينا هذه المخطوطة [B].

القاهرة، دار الكتب، رياضة ٤٠، صفحة ٥٦ ظ. سمينا هذه المخطوطة [C].

يتناول الكاتب المجهول في هذا المقطع القضيتين التاليتين:

<1> إن حركة كل واحد من المقدارين تتحدد بحركة A، في ما يخص المقدار الأول، وبحركة C، في ما يتعلّق بالثاني. وتتحرك هاتان النقطتان على خطين مستقيمين متوازيين Δ وΔ'، في الاتجاه نفسه، وفي كل لحظة لدينا $AC\perp\Delta$، فتكون المسافتان اللتان تقطعهما النقطتان A وC خلال وقت معين متساويتين.

الشكل رقم (١)



الشعاع البصري EC يلتقي بالخط Δ في C'، والعين ترى النقطة C وكأنها تسبق النقطة A.

عندما تصل A إلى H، تصل C إلى K، وتراهما العين E في الاتجاه نفسه وكأن A قد أدركت النقطة C.

عندما تكون A في A_1، تكون C في C_1، فتراها العين وكأنها في C'_1، أي وكأنها تأخرت عن A.

كل شيء يحصل إذن وكأن سرعة A، النقطة الأقرب من E، هي أكبر من سرعة C: فهي في البداية متأخرة عن C، ثم تدركها، ثم تتجاوزها.

ونصل إلى الاستنتاج نفسه باستخدام الزاوية التي يغطيها الشعاع البصري: عندما تتحرك A على كل BA، يَمْسَحُ الشعاع البصري الزاوية BEA، وفي الوقت نفسه تتحرك C على كل DC، ويكون $DC = AB$، ويمسح الشعاع البصري الزاوية CED، ويكون لدينا $\widehat{CED} < \widehat{BEA}$؛ وهكذا يكون الشعاع البصري EA قد دار بسرعة أكبر من سرعة الشعاع EC، فتبدو النقطة A وكأنها تتحرك بسرعة أكبر من سرعة C. صحيح أن المتباينة الأخيرة لم يثبتها الكندي، وذلك لأنه لم يدرس هذا النوع من الزوايا إلا في الحالة التي تكون فيها العين E في الشريط المحدد بالخطين AC و BD (انظر القضية ٥).

<٢> تتحرك العين على خط مستقيم CD من النقطة C نحو D، وتراقب نقطتين A وB بحيث يكون $AB \perp CD$، $HA < HB$.

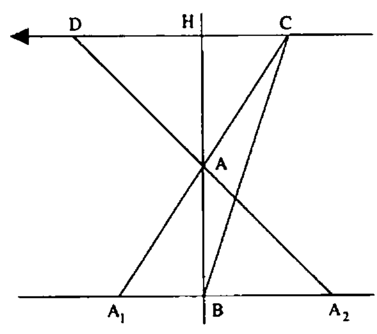
في كل لحظة تكون النقطة A أقرب إلى العين من النقطة B:

عندما تكون العين في C، تُرى A في A_1 أمام B؛

عندما تكون العين في H، تُرى A وB في الاتجاه نفسه؛

عندما تكون العين في D، تُرى A في A_2 وراء B.

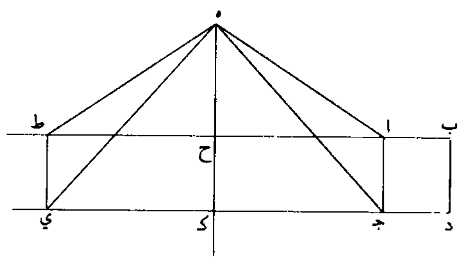
الشكل رقم (٢)



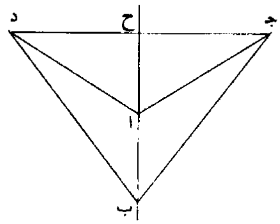
ا-٣٧-ظ
ب-٥٦-ظ
ق-٨٨-و

من المناظر

قال أبو يوسف يعقوب بن إسحاق الكندي في إصلاح كتاب المناظر في شكل سَ: الأقدار المتساوية الحركة كـ ا ب جـ د على خطوطٍ متوازيةٍ - كـ ب ط د ي - قاطعة للعمود الخارج من البصر - كـ ه - وعلى قوائم، يرى أقربُها من البصرَ - وهو ب ا - تارة أسرع من الأبعد إذا كان متوجّهًا إلى العمود، ومرة مساويًا له إذا انتهت أوائلها إلى العمود، وأخرى أبطأ إذا جاوز العمود. ثم طوّل في إبانة دعواه؛ وهو ظاهر من هذا الشكل، مع أنه من لوازم شكل نز.



وقال في سا: كلّ العلامات التي على خط مستقيم - كـ ا ب - إذا كان البصر وهو جـ متحركًا نحو سمت الخط الذي هي عليه يعني ا ب - فإنها ترى مختلفة الترتيب، أعني أن الأقرب من البصر كـ ا يرى تارة متقدمًا على ب الأبعد، ومرة معه على خط مستقيم وأخرى متأخراً عنه. وهو أيضًا ظاهر من هذا الشكل.



2 كتاب المناظر: هذا الكتاب، والمقصود «المناظر» لورود الفقرة بعد تحرير الطوسي له [ا، ق] - 4 قاطعة: قاطع [ق] / البصر: النظر [ق] / وعلى : وو على [ا] - 6 مساويًا: مساوية [ق] - 9 سا كلّ: شامل [ق] - 10 الذي: التي [ا، ب، ق] - 13 الشكل: نجد بعدها في [ق] «في اليوم السادس من شهر رجب الفرد لسنة ستّ وأربعين ومائة وألف بقلم الفقير مصطفى صدقي عفى عنه».

الملحق رقم (٢)
علم انعكاس الضوء عند قسطا بن لوقا

مقدمــة

عاش في بغداد، حوالى منتصف القرن التاسع، مواطن ومساعد للكندي، هو قسطا بن لوقا[١]، وقد اشتغل أيضاً في علم المناظر بصفته عالماً في الهندسة. إن لمؤلفه **كتاب في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر** هو العمل الوحيد المهم في هذا الموضوع، الذي لم يكن من تحرير الكندي، والذي وصل إلينا من ذلك العصر. وهو يمثل في القسم الأساسي منه دراسة في علم انعكاس الضوء كتبت على الأرجح بعد عام ٨٦٥ م وقبل عام ٨٩٠ م؛ فهي بذلك تأتي بعد أعمال الكندي. وقد أهداها قسطا بن لوقا إلى الموفق[٢]. وهذه هي وثيقة ثمينة بالنسبة إلى مؤرّخي علم المناظر وعِلم انعكاس الضوء اليونانيين والعربيين، وبخاصة في ما يتعلق بالتقليد الذي يطلق عليه لتسهيل الأمور إسم «مدرسة الكندي». وابن لوقا نفسه اشتهر كمترجم بارز؛ وكان مطلعاً على الكتابات الهيلينستية المفقودة حالياً والتي نتبين حضورها في كتاباته بين السطور. ونظراً لعلاقة التعاون التي كانت تربطه بالكندي لا يمكن لابن لوقا أن يكون جاهلاً بأبحاث الكندي في علم المناظر وفي علم انعكاس الضوء. لذلك لا يمكننا أن نهمل هذا الكتاب العائد لابن لوقا، من أية وجهة نظر كانت، إذا أردنا أن نحدد بشكل أفضل إسهام الكندي. ولسنا في سعينا هذا مدفوعين بطلب للكمال أو بدعوة إلى الحذر المنهجي، بل إننا نستجيب لضرورة فرضت نفسها علينا عند تحليل أعمال الكندي. لذلك قمنا أيضاً بمهمة إضافية، هدفها وضع هذا النص في متناول القارىء لنصوص الكندي، وذلك لكي نقدّم له الوسائل التي تسمح له بأن يحدد بشكل أفضل موقع هذه

---

(١) حول حياة وأعمال قسطا بن لوقا، انظر المقدمة، في: Diophante, *Les Arithmétiques*, texte établi et traduit par Roshdi Rashed, collection des universités de France ; 0184-7155 (Paris: Belles lettres, 1984-), tome 3.

(٢) أبو أحمد الموفق (٢٢٩/ ٨٤٣ ـ ٢٧٨/ ٨٩١) هو أخ الخليفة المعتمد (٨٧٠ ـ ٨٧٢). لم يكن الموفق مجرد أمير، بل كان في الواقع يتقاسم السلطة مع أخيه، بل إنه كان يملك بالفعل مقاليد السلطة بين يديه. ووفق الإهداء، فإن قسطا لا يوجه كلامه إلى أمير شاب، بل إلى رجل دولة. من المعقول إذن أن نفترض أن قسطا بن لوقا قد كتب مؤلفه في بغداد [وهو يذكر نهر دجلة في نصه]، خلال العقد السابع على أقل تقدير. وبالتالي، فإن هذا المؤلف يأتي بعد أعمال الكندي.

النصوص بين كتابات المعاصرين للفيلسوف. ولأجل ذلك نقدم تحقيقاً أولياً لكتاب قسطا بن لوقا.

يتميز كتاب ابن لوقا، للوهلة الأولى، من كتابات الكندي التي في متناولنا، بميزتين يمكن أن تثيرا اهتمام البحث المستقبلي. فإن أعمال الكندي، كما يمكن التحقق من ذلك، قد كتبت وفق النظام الهندسي (more géometrico): فهو يُعنى بتقديم العرض لينتقل إلى المثال ومن ثم إلى البرهان. أما كتاب قسطا، فإنه بالمقابل مكتوب على شكل سؤال وجواب، وهذا الشكل يذكرنا بشكل «مسائل أرسطو»[٣] والمسائل المتفرِّعة عنها.

لنلاحظ أيضاً أن الأسئلة غالباً ما تبدأ بعبارة «لأية علة»، ويبدو أنها تطابق جيداً العبارة اليونانية "διὰ τί" وهناك ميزة أخرى، مرتبطة إلى حد ما بالسابقة، تميز كتاب قسطا، وهي تظهر في الأسلوب الوصفي، البعيد عن الأسلوب البرهاني للكندي. فقد يحصل أن يكتفي قسطا بمجرد وصف، أو بمجرد عرض هندسي، دون أن يقترح برهاناً حقيقياً. وما يجيزه ابن لوقا لنفسه يفاجئنا، ولا سيما أنه في مقدمة كتابه يطالب ببراهين حقيقية للقضايا المطروحة. إلا أنه يصعب قياس مدى هاتين الميزتين، طالما أن كتاب الكندي **في علل اختلاف المناظر في المرآة** ما زال مفقوداً، مما يمنعنا من إجراء مقارنة أكثر دقة.

إن نظرة شمولية واحدة تظهر بعض السمات المشتركة بين الكندي وابن لوقا، فالاثنان يتشاركان في المفردات المستخدمة دون أن يلغي ذلك الاختلاف في الأسلوبين؛ وهما يتقاسمان تصوراً واحداً لعلم المناظر ولعلم انعكاس الضوء، مع أنهما يَعرِضانه بشكل مختلف؛ ويتشاركان أيضاً في بعض المفاهيم الأساسية.

وهكذا يظهر من عنوان كل من كتاب الكندي وكتاب ابن لوقا أن ما يشغلهما ليس اختلاف المناظر فحسب، بل أيضاً «علل» هذا الاختلاف. ويبدو أن هذا البحث عن «العلل» قد دفع العالمين إلى تجاوز العرض الهندسي. فكلاهما يقصدان بوضوح دمج هندسة الرؤية وفيزيولوجيا الرؤية، أو كما يكتب ابن لوقا:

---

(٣) انظر: Marwan Rashed, «Notes sur la tradition greco-arabe des problèmes aristotéliciens,» *Arabic Sciences and Phislosphy* (A paraître).

«وأحسن العلوم البرهانية ما اشترك فيه العلم الطبيعي والعلم الهندسي، لأنه يأخذ من العلم الطبيعي الإدراك الحسي ويأخذ من العلم الهندسي البراهين الخطوطية[٤]. ولم أجد شيئاً تجتمع فيه هاتان الصناعتان أكثر حسناً وكمالاً من علم الشعاعات ولا سيما ما كان منها منعكساً عن المرايا»[٥].

وهكذا، فإنّ وجود هذا البعد الفيزيائي عند الكندي كما سبق ورأينا، وكذلك عند ابن لوقا، يمنع اعتبار علم المناظر أو علم انعكاس الضوء علماً هندسياً؛ بل على العكس من ذلك ينبغي دمج الهندسة والفيزياء، نظراً للخصائص الحاسية للإدراك البصري.

من جهة أخرى، يتقاسم عالما القرن التاسع نظرية الرؤية نفسها في القسم الأساسي منها. فالاثنان يؤيدان نظرية البث، لكن، وفي حين أن الكندي يتعمّد الصمت تجاه بعض التفاصيل، فإن ابن لوقا يطبع هذه النظرية بشكل أقوى بطابع جالينوس. وكما هو الأمر عند الكندي، فإن ابن لوقا، مستخدماً التعابير نفسها، يعتبر أن الرؤية تحصل «بشعاع ينبث من العين ويقع على المبصرات، فتبصَر بالشعاع الواقع عليها. فما وقع عليه الشعاع البصري يبصره الإنسان، وما لم يقع عليه الشعاع البصري لم يبصره الإنسان»[٦]. بعد ذلك يُدخل ابن لوقا مفهوم المخروط البصري دون أن يبحث في طبيعته ـ بخلاف الكندي ـ وحتى دون أن يتساءل إذا كان متصلاً أو منفصلاً. لكن ابن لوقا يضع على هذه المادة الإقليدية عناصر أخرى جالينية، بموجبها «ينبث هذا الشعاع البصري من الروح النفسانية التي تنبعث من الدماغ إلى الناظر في العصبتين المجوفتين اللتين تنفذان من الدماغ إلى العينين وينبث من العين في الهواء إلى المبصرات فيكون كالعضو للإنسان»[٧]. غير أن هذا الشعاع البصري لا يدرك المبصرات إلا بواسطة واحد من الشعاعين اللذين ذكرهما ابن لوقا، وهما الشعاع الشمسي والشعاع الناري. وكل واحد منهما «يؤثر في الهواء ضياءً لا يكون البصر إلا به وفيه»[٨].

---

(٤) على امتداد نصه يستخدم ابن لوقا هذه التعابير «برهان خطي»، «مثال خطي»، «شكل خطي». والبرهان الخطي هو البرهان الهندسي. والأمر نفسه ينطبق على «المثال» و«الشكل».

(٥) انظر لاحقاً ص ٥١٦، السطر ١٥ ـ ١٩ من هذا الكتاب.

(٦) انظر لاحقاً ص ٥٢٠، السطر ١٧ ـ ١٩ من هذا الكتاب.

(٧) انظر لاحقاً ص ٥٢٠، السطر ٢١ ـ ٢٣ من هذا الكتاب.

(٨) انظر لاحقا ص ٥٢١، السطر ١٢ من هذا الكتاب.

إن الهدف الأساسي في علم انعكاس الضوء عند ابن لوقا هو دراسة الانعكاس على المرايا المستوية، والمرايا الكروية المحدبة والمقعرة، واختلاف الصور المدركة تبعاً لموقع المرئي بالنسبة إلى المرآة، وتبعاً لبعده عنها... لكن ابن لوقا، قبل أن يباشر هذه الدراسة، يبدأ بتقديم بعض الشروحات في علم المناظر، حول الرؤية المباشرة، وهي شروحات يعرضها كتوطئة للبحث عن البراهين في الجزء المركزي من الكتاب، وهو الجزء الذي يتناول انعكاس الضوء. إن الجزء التمهيدي طويل قياساً بمجمل الكتاب. أما القسم المتعلق بعلم المناظر فهو يتضمن الفصول الستة الأولى حيث يشرح ابن لوقا ما يعنيه بالشعاع والمخروط البصريين، والقطر الظاهري والشفع(*) الآحادي العين، والشفع الثنائي العينين. أما في الفصل السابع فهو يعدد الأجسام الصقيلة، السائلة والصلبة. ثم يعالج في الفصلين اللاحقين، أي الثامن والتاسع، موضوع رؤية الوجه أو رؤية أي مُبصَر آخر في المرآة. أما الفصل العاشر فهو أكثر أهمية، حيث يدرس ابن لوقا الانعكاس على سطح صقيل، ويذكّر بتساوي الزاويتين اللتين يشكلهما الشعاع الساقط والشعاع المنعكس مع سطح المرآة. غير أنه لا يوضِّحُ، لا في هذا الفصل، ولا في الفصل ٢٢ المكرس للمرآة المستوية، ولا في أي فصل آخر مخصص للمرآة الكروية، أن الشعاع الساقط يكون مع الشعاع المنعكس والعمود على السطح العاكس في مستو واحد. لكن هذه الخاصة تبدو مع ذلك مقبولة ضمنياً، وذلك أن ابن لوقا يأخذ المستوي المذكور، كمستو للشكل الهندسي الذي يرسمه.

نذكّر بشكل أعمّ أن ابن لوقا يدرس بخاصة الشكل الذي به يرى المراقب وجهه الخاص في المرآة. وهذه المرآة يمكن أن تكون مستوية أو كروية، مقعرة أو محدبة. وهدف دراسته هو تحديد الزاوية التي بها يرى المراقب وجهه في المرآة المعينة. وهو لا يسعى، باستثناء ما ورد في القضية ٢٢، إلى بناء الصورة البصرية للوجه. فهذا المفهوم للصورة البصرية، الحقيقية أو الافتراضية، هو غريب عن علم مناظر ابن لوقا.

إن الفصول السبعة، من ١١ إلى ١٧، مخصصة للمواد التي تصنع منها المرايا ولشكل هذه المرايا ـ المستوية، الكروية المقعرة، الكروية المحدبة ـ ولدرجة كمال هذا الشكل.

(*) الرؤية المضاعفة (المترجم).

في الفصول الأربعة اللاحقة، من ١٨ إلى ٢١، يعالج ابن لوقا مسألة التمييز بين الوجه الذي يُرى «مشوهاً» والوجه الذي يُرى «مختلف الصورة». وهو يُرى «مختلف الصورة» عندما يظهر أكبر أو أصغر، قائماً أو مقلوباً، لكن مع النسب نفسها. حينئذ يكون الوجه وصورته شكلين هندسيين متماثلين، وبالمقابل، يبدو الوجه «مشوهاً» إذا لم تكن النسب هي نفسها. وهذا ما يحصل على سبيل المثال إذا كان الوجه يرى في مرآة أسطوانية.

في الفصول التالية (انطلاقاً من الفصل ٢٢) نجد الجزء الأكثر ارتباطاً بعلم الهندسة في كتاب ابن لوقا. وسنتناول مجدداً بشكل منهجي هذه الفصول.

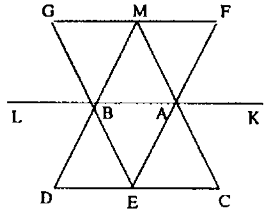
في الفصل ٢٢، يريد ابن لوقا أن يُبيِّن أن الوجه يبدو بمقداره الحقيقي في مرآة مستوية.

لنفرض أن الخط المستقيم KABL يمثِّل المرآة التي مستويها عمودي على مستوي الشكل. ولتمثل القطعة المستقيمة CD الوجه الذي يُفترض أنه موازٍ لمستوي المرآة؛ ولتكن العين في النقطة E.

بموجب الفرضية، ينعكس الشعاعان EA وEB وفق AC وBD، والنقطتان F وG هما على التوالي متناظرتان مع النقطتين C وD بالنسبة إلى الخط المستقيم AB. الخطان المستقيمان CA وDB يتقاطعان في M؛ وهذه النقطة متناظرة مع E بالنسبة إلى AB، لذلك فهي تقع على FG. لذلك، فالنقاط F وG وM هي الصور الافتراضية للنقاط C وD وE في هذه المرآة؛ لكن ابن لوقا لم يكن عنده، كما ذكرنا ذلك، هذا المفهوم عن الصورة، لذلك لم يكن باستطاعته إثبات هذه القضية.

بموجب التناظر بالنسبة إلى AB، لدينا $FG = CD$ و$\widehat{FEG} = \widehat{CMD}$. العين الموجودة في E ترى FG، أي صورة CD الافتراضية، بزاوية FEG، والعين الموجودة في M ترى، دون مساعدة المرآة، القطعة المستقيمة CD بزاوية CMD مساوية للزاوية FEG. لذلك، فالمسافتان من E وM إلى المرآة هما متساويتان. من هنا يبرز استنتاج ابن لوقا: «فالوجه يرى في المقدار الذي يرى به بغير مرآة»، أي أنه يبدو في مقداره الحقيقي.

الشكل رقم (١)



في الفصلين اللاحقين، يتناول ابن لوقا المسألة نفسها على التوالي بالنسبة إلى المرآة الكروية المحدبة والمرآة الكروية المقعرة. وفي هاتين الحالتين سنقدم الاستنتاجات من خلال مقارنة ما يظهر في كل من هاتين المرآتين مع ما يظهر بالزاوية نفسها في المرآة المستوية.

١ ـ المرآة الكروية المحدبة

يعالج ابن لوقا موضوع هذه المرآة في الفصول ٢٣ و٢٥ و٢٧. ويتناول في الفصل الأول منها المرآة المحدبة المحددة بالقوس AB، والمرآة المستوية العمودية على المستوي OAB وفق AB، حيث تكون النقطة O هي مركز الكرة. ويبين أن الوجه يظهر في المرآة «أصغر» من مقداره الحقيقي.

لنلاحظ أنه إذا كانت النقطة E هي موضع العين على المحور Ox للمرآة (Ox يقطع الخط المستقيم AB في X والقوس AB في Y)، فإن نصف الخط Az الذي هو تمديد للشعاع OA العائد للكرة، يكون منصف الزاوية المشكلة من الشعاع البصري EA والشعاع المنعكس الموافق له. وهذا الشعاع المنعكس يكون AG إذا كانت العين في النقطة E_0، بحيث يكون:

$$\widehat{E_0AX} = \widehat{GAz} = \widehat{OAX}\text{،}$$

إذا وضعنا $\widehat{AOX} = \alpha$، يكون لدينا:

$$\widehat{OAX} = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad \text{و} \quad \widehat{E_0AX} = \pi - 2\widehat{OAX}.$$

لذلك يكون:

$$\widehat{E_0AX} = 2\alpha = \widehat{AOB}.$$

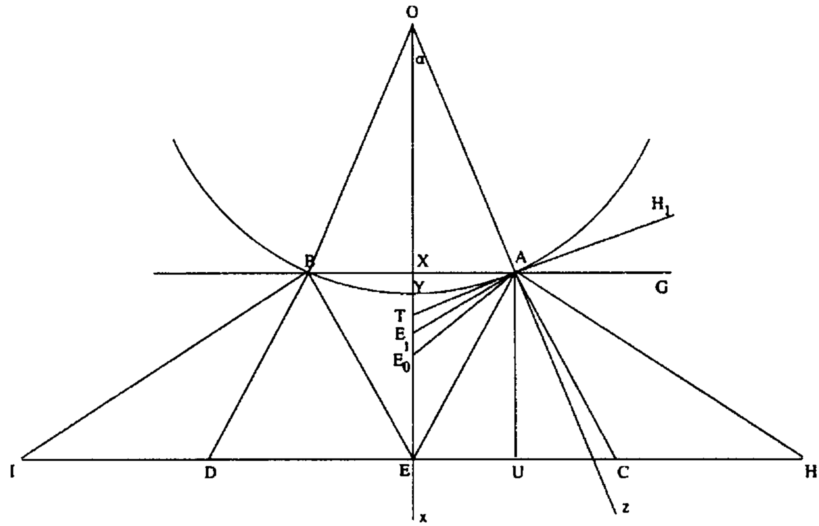
تكون النقطة E_0 موجودة إذا اخترنا القوس AB بحيث يكون:

$$\widehat{AOB} = 2\alpha < \frac{\pi}{2}\text{،}$$

لذلك يكون:

$$\alpha < \frac{\pi}{4}$$

الشكل رقم (٢)



لتكن T نقطة تقاطع الخط المستقيم Ox مع الخط المماس للقوس AB في النقطة A. إذا وُضعت العين في نقطة E_1 من القطعة المستقيمة E_0T، فإن الشعاع E_1A ينعكس على المرآة المحدبة وفق AH_1. هذه هي بالتحديد الحالة التي يعالجها ابن عيسى (انظر الملحق رقم (٣)).

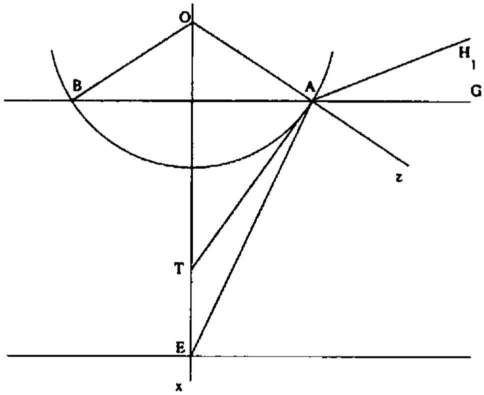
لنلاحظ أن ابن لوقا يفترض في دراسته للمرآة المحدبة أن الشعاعين المنعكسين الموافقين للشعاعين EA وEB يقطعان الخط المستقيم، الموازي للخط AB والخارج من E، في النقطتين H وI. لذلك يجب أن نفترض أن $\alpha < \frac{\pi}{4}$.

بالمقابل، إذا كان لدينا الحالة $\alpha \geq \frac{\pi}{4}$، فإن النقطة E_0 لا تكون موجودة. وفي هذه الحالة، وبالنسبة إلى أية نقطة E واقعة على Tx (الشكل رقم (٣))، فإن نصف الخط AH_1، أي الشعاع المنعكس لا يلتقي بالخط المستقيم الموازي للخط AB والخارج من E. وهذه الحالة لم يدرسها ابن لوقا. كل شيء يجري وكأنه لم يكتشف في الفصول ٢٣ و٢٥ و٢٧ المخصصة للمرآة المحدبة إلا الحالة $\alpha < \frac{\pi}{4}$.

إذا كانت العين في E على نصف الخط المستقيم E_0X، فإن الشعاع EA ينعكس على المرآة المحدبة وفق AH، ويكون لدينا $\widehat{EAH} = 2\widehat{EAz}$ (انظر الشكل رقم (٢)). ليكن $AU \perp AB$. ينعكس الشعاع EA على المرآة المستوية وفق AC بحيث يكون $\widehat{EAC} = 2\widehat{EAU}$.

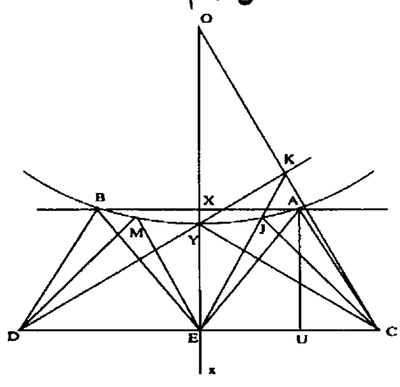
لدينا $\widehat{EAz} > \widehat{EAU}$ فينتج $\widehat{EAH} > \widehat{EAC}$، ويكون بالتالي $EH > EC$.

الشكل رقم (٣)



لنفترض أن القطعة المستقيمة CD $(CD = 2CE)$ تمثل الوجه. يَظهر هذا الوجه في المرآة بزاوية AEB. لكن القطعة المستقيمة التي تُرى بالزاوية نفسها في المرآة المحدبة هي HI $(HI = 2EH)$؛ لدينا $HI > CD$. يُرى الوجه إذن في المرآة المحدبة بزاوية أصغر من الزاوية AEB، لتكن هذه الزاوية JEM. لقد أشار ابن لوقا إلى هذه الزاوية في الفصل ٢٣، دون أن يبين طريقة بنائها التي يمكن عرضها على الشكل التالي:

الشكل رقم (٤)



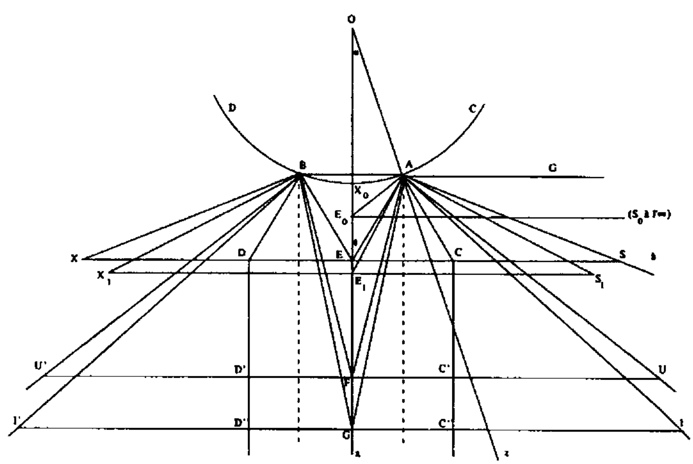
لتكن النقطة K صورة C في المرآة المحدبة (وهي صورة افتراضية) (انظر الشكل رقم (٤)). والنقطة K هذه هي نقطة تقاطع الخطين المستقيمين CO و DY، لأن الشعاع CO ينعكس على نفسه، والشعاع CY ينعكس وفق DY. يقطع الخط المستقيم EK القوس AB في النقطة J التي نبحث عنها، والنقطة M متناظرة مع النقطة J بالنسبة إلى المحور Ox.

لنلاحظ أن هذا البناء يفترض أن صورة أية نقطة هي نقطة، وهذا ليس صحيحاً إلا في الحالات التي نعتمد فيها تقريبة غوس (Gauss).

في الفصل ٢٥، يريد ابن لوقا أن يبين أن الوجه في المرآة المحدبة يظهر متزايداً في الصغر بمقدار ما تبتعد العين عن المرآة. لذلك يتناول القوس AB الذي يحدد المرآة ذات المحور Ox، وثلاثة مواضع للعين على هذا المحور، وهي النقاط E وF وG، والأطوال SX وUU′ و II′ التي ترى على التوالي بالزوايا AEB وAFB وAGB (انظر الشكل رقم (٥)). إلا أنه يعرض النتائج دون أن يثبتها، ودون أن يستخدم الأطوال التي سبق وأشرنا إليها. سوف نبحث في هذه النتائج، وكذلك في المسار الذي اعتمده ابن لوقا بأسلوب آخر.

لتكن النقطة X_0 منتصف القوس AB، ولنتناول الحالات التالية:

الشكل رقم (٥)



أ) لنضع $X_0A = r$ ، $\widehat{AEX_0} = \theta, \widehat{AOX_0} = \alpha$ ، $\widehat{EAz} = i$.

لدينا $i = \theta + \alpha$ ؛ يمكن تحديد موقع العين E بالزاوية i، حيث تكون القيمتان r و α هما معلومتين في المسألة.

في المثلث ESA لدينا:

$$\frac{EA}{\sin S} = \frac{ES}{\sin 2i}$$

مع:

$S = \frac{\pi}{2} + \theta - 2i$ و $EA = \frac{r}{\sin\theta}$.

لكن $\theta = i - \alpha$ ، فينتج:

$S = \frac{\pi}{2} - (\alpha + i)$ و $EA = \frac{r}{\sin(i-\alpha)}$.

حينئذ يكون لدينا:

$$\frac{r}{\sin(i-\alpha)\cos(\alpha+i)} = \frac{ES}{\sin 2i}$$ ،

فينتج:

$$ES = \frac{2r\sin 2i}{\sin 2i - \sin 2\alpha} = 2r + \frac{2r\sin 2\alpha}{\sin 2i - \sin 2\alpha}.$$

عندما تتحرك النقطة E على نصف الخط المستقيم E_0X، تصغر الزاوية $\widehat{AE_0X_0}$ θ من إلى الصفر،

ويكون لدينا:

$$\widehat{AE_0X_0} = \frac{\pi}{2} - \widehat{E_0AX_0} = \frac{\pi}{2} - 2\alpha$$ ؛

إذن، تصغر الزاوية $i = \theta + \alpha$ من $\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$ إلى α (لقد افترضنا أن $\alpha < \frac{\pi}{4}$)، فنحصل على البيان التالي:

i	$\frac{\pi}{2} - \alpha$	$\searrow$	$\frac{\pi}{4}$	$\searrow$	α
2i	$\pi - 2\alpha$	$\searrow$	$\frac{\pi}{2}$	$\searrow$	2α
sin 2i	$\sin 2\alpha$	$\nearrow$	1	$\searrow$	$\sin 2\alpha$
ES	$+\infty$	$\searrow$	$\frac{2r}{1-\sin 2\alpha}$	$\nearrow$	$+\infty$

وهكذا، إذا كان معنا $(i = \frac{\pi}{2} - \alpha)$ ، تكون النقطة E في E_0، وينعكس الشعاع E_0A وفق AG؛

وإذا كان معنا $i = \frac{\pi}{4}$ ، تكون النقطة E في E_1، وينعكس الشعاع وفق AS_1 ويكون الطول E_1S_1 هو الحد الأدنى للطول ES.

وبالتالي، عندما ترسم النقطة E القطعة المستقيمة E_0E_1، فإن الطول ES يتناقص من اللانهاية حتى $E_1S_1 = \frac{2r}{1-\sin 2\alpha}$، وعندما ترسم E نصف الخط E_1X، فإن الطول ES يتزايد بلا نهاية. إن الحد الأدنى للطول XS هو إذن X_1S_1 ولدينا $X_1S_1 > 4r$؛ إذاً بالنسبة إلى أي موضع للعين E يكون لدينا $XS > 4r$.

ب) مهما كان موضع العين E على E_0X، فإن القطعة CD (أي الوجه) التي تُرى في المرآة المستوية بزاوية $AEB = 2\theta$ يكون لها دائماً الطول نفسه. ومهما كان موقع النقطة E، فإن النقطة A تكون على منصف EC والنقطة B على منصف ED. ويكون لدينا $CD = 2AB = 4r$، فينتج من ذلك $CD < XS$. وتتناقص الزاوية $AEB = 2\theta$ وتميل نحو الصفر عندما تبتعد النقطة E على نصف الخط المستقيم E_0X.

لكننا رأينا (الشكل رقم (٤)) أن الزاوية التي بها يظهر الوجه CD في المرآة المحدبة هي $\widehat{AEB} > \widehat{JEM}$؛ لذلك فإن الزاوية $\widehat{JEM} = 2\theta'$ تميل نحو الصفر عندما تبتعد النقطة E إلى ما لا نهاية. هذا هو الاستنتاج الذي يبدو أن ابن لوقا قد عبّر عنه في المقطع الأخير، لكنه فعل ذلك بعبارات أخرى.

ج) يبقى أن ابن لوقا كان يريد، وِفق ما ورد في العرض، أن يبيِّن أننا نرى «الوجه في المرآة المقببة تقبيباً كرياً متزيد الصغر كلما زاد بعد المرآة عن الوجه، ولا يزال صغره يتزيد إلى ألا يرى البتة». إذاً يجب أن نبين:

١) أن الزاوية $\widehat{JEM}$ تتناقص؛

٢) أن الزاوية $\widehat{JEM}$ تميل نحو الصفر كما رأينا ذلك للتو في ب).

لنبين أن الزاوية $\widehat{JEM}$ تتناقص.

لتكن النقطتان E وF موضعين للعين بحيث يكون $YF > YE$ (الشكل رقم (٦))؛ CD و $C'D'$ هما موقعان للوجه موافقان لهاتين النقطتين. لنبنِ

الصورتين الافتراضيتين K و′K للنقطتين C و′C. لدينا:

$YF > YE$،

مما يتطلّب:

$\widehat{FOC'} < \widehat{EOC}$ و $\widehat{FYD'} < \widehat{EYD}$،

فينتج:

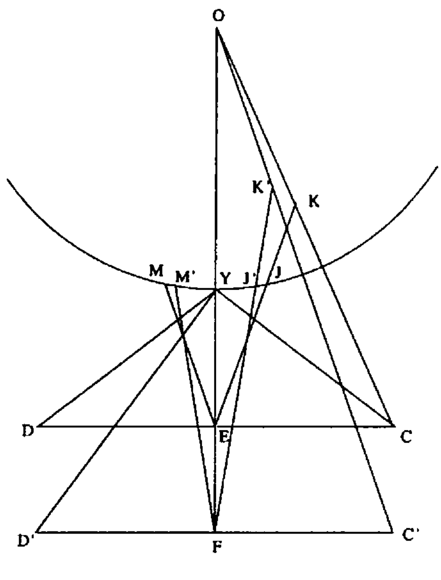
$\widehat{YOK'} < \widehat{YOK}$ و $\widehat{OYK'} < \widehat{OYK}$.

تكون النقطة ′K إذن داخل المثلث OYK، وبالتالي:

$\widehat{YFK'} < \widehat{YEK}$.

غير أن $\widehat{JEM} = 2\widehat{YEK}$ و $\widehat{J'FM'} = 2\widehat{YFK'}$، فينتج من ذلك $\widehat{J'FM'} < \widehat{JEM}$ ، إذاً تتناقص الزاوية $\widehat{JEM} = 2\theta'$، عندما تتزايد بلا نهاية المسافة بين E والمرآة[٩].

الشكل رقم (٦)

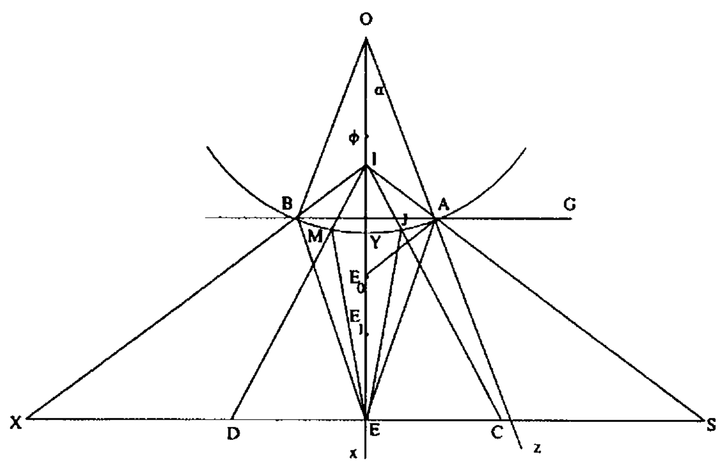


(٩) يمكن القيام بدراسة أكثر أناقة للزاوية JEM بواسطة الصيغ المعروفة للمرآة المحدبة.

إذا أخذنا كل شيء بالاعتبار، نستنتج أن مسار ابن لوقا في الفصل الخامس والعشرين بعيد عن الوضوح. إن النقطتين A وB على المرآة ثابتتان، والعين تبتعد على محور المرآة، وبالنسبة إلى المواقع الثلاثة E وF وG التي يتناولها ابن لوقا، فإن القطعات المستقيمة التي تُرى بالتتابع بزوايا AEB وAFB وAGB هي على التوالي SX وUU′ و II′. لا يقارن ابن لوقا هنا بين أطوال هذه القطعات التي يتناولها مجدداً بالدراسة في الفصل ٢٧. هذه القطعات لا يمكنها أن تمثل الوجه، لأنه إذا تم اختيار النقطتين A وB بحيث ترى العين الواقعة في E الوجه بزاوية AEB، فإن هاتين النقطتين لا تصلحان لموقعيْ العين F وG، بخلاف ما يحصل في حالة المرآة المستوية. وفي المقطع الأخير، يرجع ابن لوقا بالتحديد إلى هذه المرآة، وكذلك إلى النتيجة المثبتة في الفصل ٢٣؛ وهذا ما يقودنا إلى المقطع ب) وإلى الاستنتاج الذي مفاده أن الزاوية $2\theta'$ تميل نحو الصفر عندما تبتعد E إلى ما لا نهاية.

في الفصل ٢٧، يشرح ابن لوقا دراسته الخاصة الواردة في الفصل ٢٥، فيتناول القطعة المستقيمة المحصورة بالشعاع المنعكس الموافق لكل موقع E للعين عندما تبتعد هذه العين عن المرآة. ويكتب ابن لوقا: «زاوية الشعاع تتسع وينتشر انتشاراً كثيراً». يتعلق الأمر في الواقع بزاوية الشعاع المخروطي المنعكس الذي تتباعد أشعته وتعطي «انتشاراً» على القطعة المستقيمة SX المقترنة بالنقطة E. لنتفحص هذه المقولة.

الشكل رقم (٧)



لتكن I نقطة تقاطع امتداديْ الشعاعين المنعكسين AS وBX؛ لنضع $\widehat{SIX} = 2\omega$ وهي زاوية الشعاع المنعكس؛ وكما في السابق، نضع $\widehat{AOB} = 2\alpha$ ، و $\widehat{AEB} = 2\theta$ وهي زاوية الشعاع الساقط، وكذلك $\widehat{EAz} = i$ (انظر الشكل رقم (٧)).

إذا أخذنا أي موضع E للعين على E_0x (E_0 هي النقطة المعَيَّنَة بحيث ينعكس E_0A وفق AG)، فإن النقطة I (وهي الصورة الافتراضية للنقطة E) تكون بين Y و ϕ (وهي نقطة تقاطع OE مع منصِّف OA). لدينا:

$$\omega = \alpha + i \quad ، \quad i = \alpha + \theta ،$$

لذلك نحصل على:

$$\omega = 2\alpha + \theta .$$

عندما تبتعد E، تتناقص الزاوية θ وتميل نحو الصفر؛ إذاً ω تتناقص وتميل نحو 2α، والزاوية $\widehat{SIX}$، وهي زاوية الشعاع المنعكس تتناقص وتميل نحو 4α. وبالتالي، فإن ما قاله ابن لوقا بأن «زاوية الشعاع تتسع»، لا يعني إطلاقاً أن زاوية الشعاع تتزايد بل إن الأشعة المنعكسة تتباعد.

أما بالنسبة إلى «الانتشار»، كما يسميه ابن لوقا، على القطعة SX، فقد رأينا أن النقطة E إذا تحركت على E_0E_1 (الشكل رقم (٥))، النقطة E_1 هي موضع العين عندما يكون معنا $i = \frac{\pi}{4}$، فإن الطول SX يتناقص من ∞ + إلى S_1X_1؛ والنقطة E إذا تحركت على E_1x، فإن الطول SX يتزايد من S_1X_1 إلى ∞ +. وهكذا يصح القول، إن الانتشار، انطلاقاً من الوضع E_1، على الخط المستقيم الموازي للخط AB والمار بالنقطة E يتزايد.

بعد ذلك يتناول ابن لوقا «الذي يقع من الشعاع <المنعكس> على الوجه». لتكن القطعة CD الوجه وCID جزء الشعاع المنعكس الذي يقع على الوجه. وبما أن النقطة I هي الصورة الافتراضية للنقطة E، نحن نعرف أن كل شعاع ساقط، رأسه E، ينعكس وفق شعاع رأسه I.

لنضع $\widehat{EIC} = \omega'$ ، وبالتالي يكون: $\widehat{CID} = 2\omega'$. ويكون لدينا:

$$\frac{SX}{CD} = \frac{SE}{CE} = \frac{tg\omega}{tg\omega'}$$

لكن CD طول ثابت، وSX يميل نحو اللانهاية عندما تبتعد النقطة E؛ لذلك فإن النسبة السابقة تميل نحو اللانهاية. لكن ω تميل نحو 2α، لذلك تميل $tg\omega'$ نحو الصفر؛ بالتالي تميل ω' نحو الصفر؛ ونتيجة لذلك تميل النسبة ω/ω' نحو اللانهاية. وهذا ما يعبر عنه ابن لوقا بطريقة حدسية عندما يكتب:

«حتى يكون الذي يقع من الشعاع على الوجه إذا قيس إلى عظم زاوية الانعكاس لا قدر له عندها...».

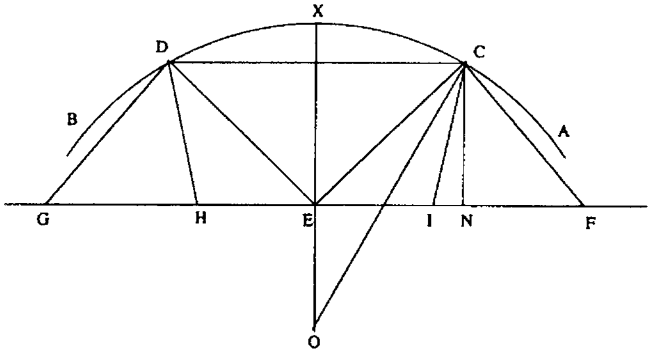
إن الزاوية $JEM = 2\theta'$، التي بها تَرى العين E الوجه، تتناقص، وتصبح صغيرة بقدر كاف لكي لا تعود العين قادرة، انطلاقاً من موقع معين، على رؤية الوجه. وإذا استمرت E بالابتعاد، فإن الزاوية JEM تستمر بالتناقص حينذاك وكما يقول ابن لوقا: «لا يوجد سبيل إلى أن يُرى الوجه فيها» (أي المرآة). ولئن ألح ابن لوقا كثيراً على هذا الواقع في هذا الفصل: فذلك لأنه في حالة المرآة المقعرة، وعندما تصل العين E إلى مركز الكرة O، فإنها تكفّ عن رؤية الوجه، وعندما تبتعد عن هذا الموقع، فإنها ترى الوجه مجدداً. غير أنه في حالة المرآة المحدبة، لا يوجد موقع للعين E يسمح بحدوث هذه الظاهرة. ويبدو أن ابن لوقا قد عرف، على الأقل بشكل حدسي، هذه الظاهرة وكذلك الاختلاف بهذا الصدد بين المرآتين المحدبة والمقعرة؛ وهذا ما قد يفسر أن ابن لوقا يكرس للمرآة المقعرة المقطع الأخير من الفصل ٢٧، حيث يتابع دراسة المرآة المحدبة. لكن ابن لوقا يعالج الأفكار الواردة في هذا المقطع لاحقاً في الفصلين ٣٠ و٣٢.

٢ ـ المرآة الكروية المقعرة

يكرس ابن لوقا خمسة فصول، من بين الفصول الأكثر أهمية في كتابه، للمرآة الكروية المقعرة ولشكل الوجه المنعكس في هذه المرآة. وهذه الفصول هي تلك التي تحمل الأرقام ٢٤، ٢٦، ٢٨، ٣٠، ٣٢. ويتناول ابن لوقا في الفصل الأول منها مرآة مقعرة AB محورها OX، تقع العين في E على هذا المحور والوجه في المستوي GF العمودي على OX في E. عند ذاك يؤكد ابن لوقا أن: «صورة الوجه ترى في المرآة المقعرة تقعيراً كرياً في أعظم من مقدارها الحقيقي». وهذا تأكيد صحيح، طالما أن العين تقع بين المركز O

للكرة والخط المستقيم CD (الشكل رقم (٨)). ويبقى أيضاً صحيحاً عندما تقع العين وراء المركز، مع البقاء قريبة منه. لكنه يصبح باطلاً عندما تقع العين وراء موقع محدد هو E_0، كما سنرى ذلك عند مناقشة الفصل ٣٢. لنتناول الأوضاع المختلفة.

الشكل رقم (٨)



في الحالة التي يكون فيها $XE < XO = R$ (الشكل رقم (٨))، ترى العين E في المرآة المستوية القطعة FG (الوجه) بزاوية CED، وترى القطعة HI بحيث يكون $HI < FG$، وذلك في المرآة المقعرة وبالزاوية نفسها.

لنأخذ النقطة N على GF بحيث يكون $CN \perp GF$؛ لدينا:

$$\widehat{ECF} = 2\widehat{ECN} \text{ و } \widehat{ECI} = 2\widehat{ECO}،$$

فينتج من ذلك:

$$\widehat{ECI} < \widehat{ECF}؛$$

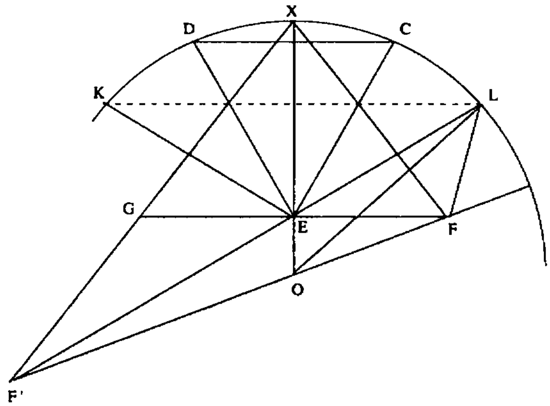
لدينا إذن $EI < EF$. ونبيّن بالطريقة نفسها أن $EH < EG$. لدينا إذن $HI < FG$.

عندئذ يُسَلِّم ابن لوقا بوجود زاوية LEK (الشكل رقم (٩)) التي بها ترى العين E القطعة المستقيمة FG في المرآة المقعرة. لدينا:

$$\widehat{LEK} > \widehat{CED}،$$

من هنا يأتي الاستنتاج. ولا يقدم ابن لوقا طريقة بناء لهذه الزاوية، ولأجل هذه الغاية يكفي تحديد النقطة L.

الشكل رقم (٩)



لتكن 'F صورة F في المرآة المقعرة. والنقطة 'F هي نقطة تقاطع الخطين المستقيمين FO وXG، لأن الشعاع FO ينعكس على نفسه والشعاع FX ينعكس وفق XG. يقطع الخط المستقيم F'E قوس الدائرة في النقطة L التي نبحث عنها؛ وينعكس EL وفق LF. النقطة K متناظرة مع L بالنسبة إلى OX؛ ينعكس EK وفق KG، إذاً ترى العين E القطعة المستقيمة FG في المرآة المقعرة بزاوية LEK.

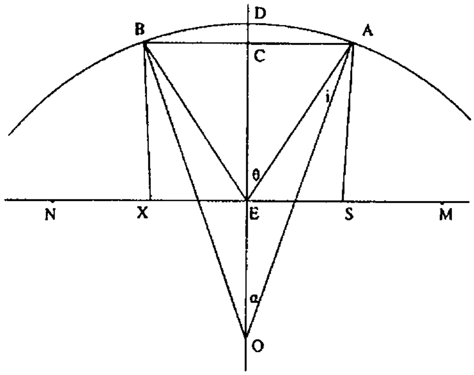
في هذا المقطع، في ما يتعلق بالمرآة المقعرة، وكما كان الأمر بالنسبة إلى المرآة المحدبة، فإن البناء ليس صحيحاً إلا إذا تحققت شروط تقريبة غوس.

إن الفصلين ٢٦ و٣٢ هما بلا ريب الفصلان الأكثر أهمية، لا لدراسة المرآة الكروية المقعرة فحسب، بل أيضاً لفهم مجمل كتاب ابن لوقا. لذلك سنتفحص هذه القضايا بتعابير مختلفة عن تعابير ابن لوقا، لكي نستطيع تقدير نتائجه التي يعطيها فقط، في بعض الأحيان، دون أن يثبتها.

لتكن النقطة O مركز الكرة، وD رأس المرآة المقعرة AB، وC منتصف القطعة المستقيمة AB، والنقطة E موقع العين؛ وSX القطعة التي تُرى بالزاوية AEB؛ تقع القطعة المستقيمة SX على العمود في النقطة E على DO الذي هو محور المرآة.

يدرس ابن لوقا هنا تغير طول SX عندما تتحرك E على CO، بحيث يكون $SX = 2ES$ (الشكل رقم (١٠)).

الشكل رقم (١٠)



لنضع $\widehat{COA} = \alpha$، $\widehat{AOB} = 2\alpha$ وهي فتحة المرآة، $OA = R$، $CA = r = R\sin\alpha$، $\widehat{CEA} = \theta$، $\widehat{EAO} = \widehat{OAS} = i$، $\widehat{EAS} = 2i$.

الشعاع OA معروف وثابت؛ وموقع E محدد بالزاوية i. في المثلث EAS لدينا:

$$\frac{EA}{\sin S} = \frac{ES}{\sin A}،$$

مع:

$$EA = \frac{r}{\sin\theta} \quad \text{و} \quad A = 2i ،$$

لكن:

$$S + 2i + \frac{\pi}{2} - \theta = \pi ،$$

فينتج:

$$S = \frac{\pi}{2} + \theta - 2i = \frac{\pi}{2} - (2i - \theta) \quad \text{وكذلك} \quad \theta = \alpha + i ،$$

يكون معنا إذاً:

$$ES = \frac{r\sin 2i}{\sin\theta\cos(2i-\theta)} = \frac{2r\sin 2i}{\sin 2(\theta-i)+\sin 2i} = \frac{2r\sin 2i}{\sin 2\alpha+\sin 2i} ،$$

ونستطيع إعادة كتابة هذه المعادلة على الشكل التالي:

$$ES = 2r - \frac{2r\sin 2\alpha}{\sin 2\alpha + \sin 2i}.$$

عندما تتحرك E على OC، تتزايد الزاوية θ من α إلى $\frac{\pi}{2}$ ، إذاً تتزايد الزاوية i من صفر إلى $\frac{\pi}{2} - \alpha$.

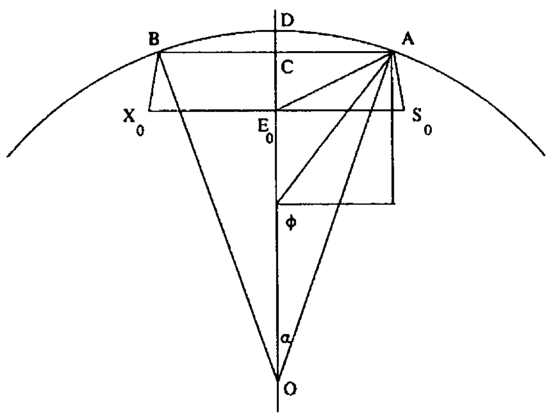
لا يقدم ابن لوقا أي توضيح في ما يتعلق بالفتحة 2α للمرآة. سنفترض أولاً أن هذه الزاوية حادة، إذاً تكون $\alpha < \frac{\pi}{4}$ (وهذا شرط ضروري في القضية ٣٢ لكي توجد بالفعل النقطتان S و X عندما تقع E وراء المركز O). في هذه الحالة نحصل على البيان التالي:

i	0		α		$\frac{\pi}{4}$		$\frac{\pi}{2} - \alpha$
2i	0	$\nearrow$	2α	$\nearrow$	$\frac{\pi}{2}$	$\nearrow$	$\pi - 2\alpha$
sin 2i	0	$\nearrow$			1	$\searrow$	$\sin 2\alpha$
ES	0	$\nearrow$	r	$\nearrow$	$\frac{2r}{1+\sin 2\alpha}$	$\searrow$	r
ES	0	$\nearrow$	r	$\nearrow$	E_0S_0	$\searrow$	CA = r

ملاحظات:

١) عندما تكون $i = \frac{\pi}{4}$. تكون E في النقطة E_0 (الشكل رقم (١١)).

الشكل رقم (١١)



فيكون لدينا:

$$\text{،}OC=h\ \text{،}OA=R\ \text{،}CA = r\ \text{،}CE_0 = CA\,tg\,CAE_0$$

$$\text{؛}\widehat{CAE_0} = \widehat{CAO} - \frac{\pi}{4} = (\frac{\pi}{2} - \alpha) - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4} - \alpha$$

فينتج من ذلك:

$$\text{؛}\ CE_0 = r\,tg(\frac{\pi}{4} - \alpha) = r\frac{1-tg\alpha}{1+tg\alpha} = r.\frac{h-r}{h+r}$$

في هذه الحالة لدينا $i > \alpha$، فينتج:

$$\text{،}OE_0 > E_0A$$

وبالتالي نحصل على:

$$\text{،}OE_0 > \frac{0A}{2}$$

٢) لتكن Φ نقطة تقاطع OD ومنصف OA؛ عندما تصل العين E إلى Φ يكون لدينا $O\Phi = \Phi A$، إذاً تكون $\alpha = i$. حينئذ يكون الشعاع المنعكس AS موازياً للمحور OD، ويكون لدينا $\Phi O = \frac{OA}{2\cos\alpha} = \frac{r}{2\cos\alpha}$، و $\Phi S = r$.

لنلاحظ أن ابن لوقا لا يذكر لا E_0 ولا Φ.

لنوجز فنقول عندما تتحرك العين E على القطعة المستقيمة CE_0، فإن الطول ES يتزايد من r إلى E_0S_0، $E_0S_0 > r$، وعندما تتحرك E على القطعة $E_0\Phi$، فإن الطول ES يتناقص من E_0S_0 إلى r، وعندما تتحرك E على القطعة ΦO، فإن الطول ES يتناقص من r إلى صفر. فنحصل على البيان التالي:

موقع E	C		E_0		Φ		O
ES	r	↗	E_0S_0	↘	r	↘	0

إن استنتاج ابن لوقا في هذا الفصل السادس والعشرين بخصوص القطعات المستقيمة XS وLK وJH ليس صحيحاً في الفرضية $\frac{\pi}{4} > \alpha$، إلا إذا كانت النقاط الثلاث E وF وG على القطعة المستقيمة E_0O.

لنفترض الآن $\alpha \geq \frac{\pi}{4}$. عندما تتحرك E على القطعة OC، فإن الزاوية i تتزايد من صفر إلى $\frac{\pi}{2} - \alpha$:

إذا كانت $\frac{\pi}{4} < \alpha$ ، يكون لدينا $\frac{\pi}{2} - \alpha < \frac{\pi}{4} - \alpha$؛ والزاوية i لا تأخذ لا القيمة α ولا القيمة $\frac{\pi}{4}$ ، والنقطة E_0 لن تكون موجودة.

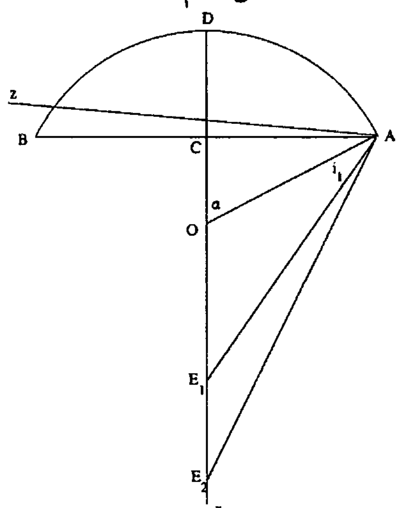
إذا كانت $\frac{\pi}{4} = \alpha$ ، يكون لدينا $\frac{\pi}{2} - \alpha = \alpha = \frac{\pi}{4}$ ، وفي هذه الحالة تكون $E_0 = C$.

وهكذا إذا اشترطنا هذه الفرضية يكون الاستنتاج الذي أعطاه ابن لوقا مقبولاً بالنسبة إلى النقاط F وG وH المأخوذة على القطعة المستقيمة CO.

في الفصل ٢٨ يبيّن ابن لوقا أنه إذا كانت العين في مركز الكرة، فإن أي شعاع بصري خارج من E وساقط على المرآة المقعرة AB، ينعكس نحو E.

لننتقل الآن إلى الفصل ٣٢، قبل أن نتوقف عند الفصل ٣٠. ولنفترض، مع اعتماد الأحرف السابقة نفسها في الشكل، أن العين تقع وراء المركز O.

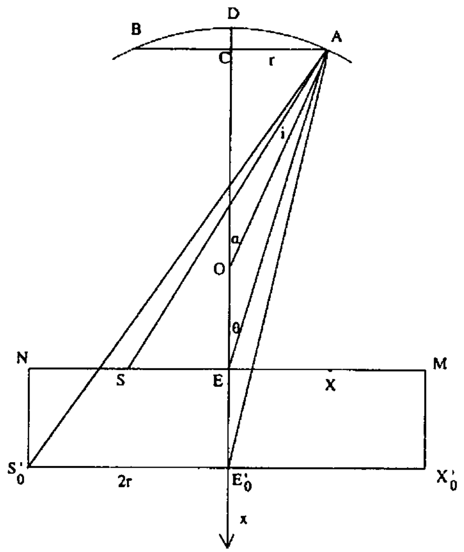
الشكل رقم (١٢)



في هذا الفصل يجب أن نفترض أن $\frac{\pi}{4} > \alpha$. في الواقع، عندما تتحرك E على نصف الخط المستقيم Ox، فإن الزاوية EAO=i تتزايد من صفر إلى α؛ فإذا كانت $\frac{\pi}{4} > \alpha$، فإن الزاوية i يمكن أن تأخذ القيمة $i_1 = \frac{\pi}{2} - \alpha$ ، لأن $\alpha < (\frac{\pi}{2} - \alpha)$. وإذا كانت الزاوية i مساوية للقيمة i_1، تكون العين في النقطة E_1 بحيث إن الشعاع E_1A ينعكس وفق AB؛ وأية قيمة i_2 للزاوية i،

حيث تكون $\frac{\pi}{2} - \alpha < i_2 < \alpha$ ، تجعل العين في النقطة E_2، بحيث ينعكس الشعاع E_2A وفق Az ولا يستجيب للمسألة.

الشكل رقم (١٣)



يكون لدينا عند ذاك $\alpha = \theta + i$؛ عندما تتحرك E على نصف الخط المستقيم Ox، فإن الزاوية θ تتناقص من α إلى صفر و i تتزايد من صفر إلى α. في المثلث EAS (انظر الشكل رقم (١٣)) لدينا:

$$\frac{EA}{\sin S} = \frac{ES}{\sin 2i} \quad ، \quad EA = \frac{r}{\sin\theta}،$$

مع:

$$S = \frac{\pi}{2} - (\theta + 2i) \quad ،$$

فيكون:

$$ES = \frac{r \sin 2i}{\sin\theta \cos(\theta+2i)} = \frac{2r \sin 2i}{\sin 2(\theta+i) - \sin 2i} = \frac{2r \sin 2i}{\sin 2\alpha - \sin 2i} = -2r + \frac{2r \sin 2\alpha}{\sin 2\alpha - \sin 2i}.$$

بالتالي، عندما تكون E في النقطة O، يكون لدينا $i = 0$ و$ES = 0$، وعندما تتحرك E على نصف الخط المستقيم Ox، فإن طول القطعة المستقيمة

ES يتزايد إلى ما لا نهاية. يوجد إذن موقع E'_0 للعين E حيث يكون $ES = 2r$، وهذا الموقع محدّد بالعلاقة $\sin 2i_0 = \sin 2\alpha - \sin 2i_0$، وذلك وفق الصيغة السابقة؛ فينتج من ذلك $\sin 2i_0 = \frac{1}{2}\sin 2\alpha$. لكن الزاوية 2α هي معطاة $(\widehat{AOB} = 2\alpha)$، بالتالي فإن الزاوية i_0 التي تحدد النقطة E'_0 هي معلومة؛ $O < i_0 < \alpha$. إذاً عندما تتحرك E على القطعة المستقيمة OE'_0، يكون لدينا $ES < 2r$؛ وعندما تتحرك E على نصف الخط المستقيم E'_0X، يكون لدينا $ES > 2r$[١٠].

---

(١٠) نستطيع تحديد الموقع E'_0 للعين على نصف الخط المستقيم OX بحيث يكون لدينا $S'_0X'_0 = 4r$ لنضع $AB = 2r$، $OA = OB = R$، $OD = h$، ولنبحث عن $OE'_0 = X_0$ ينعكس الشعاع E'_0B وفق BX'_0 وينعكس الشعاع S'_0C وفق CX'_0. إن نقطة التقاطع X بين BE'_0 و SS'_0 هي صورة X'_0 في المرآة المقعرة؛ تكون X إذن على الخط المستقيم OX'_0.

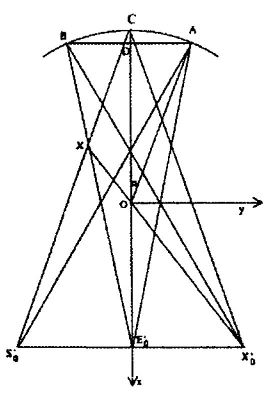
في نظام الإحداثيات Ox، Oy، لدينا $E'_0(X_0, O)$، $X_0(X_0, 2r)$، $S'_0(X_0 - 2r)$، $C(-R, O)$، $A(h, r)$، $B(-h, -r)$.

تكون معادلة OX'_0:

$$\frac{x}{x_0} = \frac{y}{2r} \quad (١)$$ ،

وتكون معادلة E'_0B:

$$x = x_0 + \frac{y}{r}(x_0 + h) \quad (٢)$$ ،



ومعادلة CS'_0:

$$x = -R - \frac{y}{2r}(x_0 + R) \quad (٣)$$ ،

من المعادلتين (١) و(٢) نحصل على:

$$\frac{y}{r} = \frac{2x}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0 + h}$$ ،

$$X \begin{cases} x = \frac{-x_0^2}{x_0 + 2h} \\ y = \frac{-2rx_0}{x_0 + 2h} \end{cases}$$

حيث تحقق إحداثيات X المعادلة (٣). لدينا:

$$\frac{-x_0^2}{x_0 + 2h} = -R + \frac{x_0(x_0 + r)}{x_0 + 2h}$$ ،

فينتج:

$$x_0^2 = hR$$

غير أن $h = R\cos\alpha$، فينتج:

$$X_0 = R^2 \cos\alpha$$.

لنلخص في بيان واحد نتائج دراسة ES التي حصلنا عليها في الفصلين ٢٦ و٣٢ تبعاً لموقع E على المحور Cx.

E	ES	SX
C	$r = ES$	$2r = SX$
	ES تتزايد	SX تتزايد من 2r إلى S_0X_0
E_0	$2r > E_0S_0 = ES$	$4r > S_0X_0 = SX$
	ES تتناقص	SX تتناقص من S_0X_0 إلى 2r
ϕ	$r = ES$	$2r = SX$
	ES تتناقص	SX تتناقص من 2r إلى 0
O	$0 = ES$	$0 = SX$
	ES تتزايد	SX تتزايد من 0 إلى 4r
E'_0	$2r = E'_0S_0$	$2r = SX$

لننتقل الآن إلى الفصل ٣٠. يبين ابن لوقا أنه عندما تكون العين E وراء المركز G، فإن الوجه يُرى مقلوباً، أو كما قال: «إذا كان مركز كرتها بينها وبين البصر، يرى الوجه فيها مقلوباً».

لتكن AB مرآة مقعرة، G مركز كرتها، E موضع العين الواقعة وراء G. لنمدد EG حتى يصل إلى AB ويقطعها في النقطة F التي هي مركز المرآة. لدينا إذن FE > FG وفق الفرضية (الشكل رقم (١١) من النص). ينعكس الشعاعان EA وEB وفق AI وBH، ويتقاطع الشعاعان المنعكسان في K على المحور FG بين G وF، أي أمام العين. ووفق الفرضية، فإن المستوي P للشكل هو أفقي. وبالنسبة إلى المحور EF تكون النقطة H عند ذاك إلى اليمين، وترى إلى اليسار في اتجاه B. وتكون النقطة I إلى اليمين، وترى إلى اليسار في اتجاه A.

إذا أدرنا المستوي P للشكل حول EF لنجعله في الوضع العمودي P′

حيث A في الأعلى، عند ذاك تصبح النقطة H في الأعلى وترى في الأسفل؛ وتصبح النقطة I في الأسفل لكنها ترى في الأعلى.

في هذا الفصل الثلاثين، لا يتناول ابن لوقا الحالة التي تكون فيها العين بين المركز G والمرآة، أي الحالة التي يفترض فيها أن $FE < FG$، وهي فرضية الفصل ٢٦. فإذا كانت العين، على سبيل المثال، في النقطة K، فإن النقطة L الواقعة إلى اليمين ترى إلى اليمين، والنقطة M الواقعة إلى اليسار ترى إلى اليسار. وفي المستوي P' أيضاً، إذا كانت النقطة L في الأعلى، فإنها ترى في الأعلى؛ وإذا كانت M في الأسفل، فإنها ترى في الأسفل. في هذه الحالة يُرى الوجه قائماً.

يرجع ابن لوقا إلى هذه النتائج في الفصل ٣٢، ثم في الفصل ٣٣، حيث يلخص أبحاثه حول المرآة المقعرة. وهذا ما سنقوم به بدورنا، لكن بطريقة أخرى.

لقد تفحصنا مجموعة «الفصول»، أو بالأحرى القضايا التي كرسها ابن لوقا للمرآة المقعرة، ونعني بذلك «الفصول» ذات الأرقام ٢٤، ٢٦، ٢٨، ٣٠، ٣٢. ينصب اهتمام ابن لوقا في هذه المجموعة كما في المجموعة التي يكرسها للمرآة المحدبة، على معرفة كيف يُرى الوجه تبعاً لموقع العين بالنسبة إلى المرآة.

فإذا تناولنا المرآة المستوية ذات القطر $AB = 2AC = 2r$ (الشكلان رقما (١٠) و(١٣))، ومهما يكن موضع العين E على محور المرآة، أي مهما تكن قيمة الزاوية $AEB = 2\theta$، فإنه يكون لدينا دائماً $EM = EN = 2r$.

إن النتيجة التي حصل عليها ابن لوقا في الفصل ٢٤ هي إذن صحيحة إذا كانت E على القطعة المستقيمة $E_0E'_0$، عندما تكون الزاوية $\alpha < \frac{\pi}{4}$ ، أو على القطعة المستقيمة CE'_0، عندما تكون الزاوية $\alpha \geq \frac{\pi}{4}$ ، لكنها ليست صحيحة إذا كانت E على نصف الخط المستقيم E'_0x. فإذا افترضنا أن المرآة المقعرة ADB (الشكل رقم (١٣)) مقرونة بالمرآة المستوية AB، وأن القطعة المستقيمة MN تمثل العرض الحقيقي للوجه، عند ذاك بالنسبة إلى E على CE'_0، يكون لدينا $O \leq SX < MN$، حيث تمثل القطعة SX جزءاً من الوجه. وهكذا، لكي نرى الوجه بأكمله في المرآة المقعرة، يجب أن نتناول فتحة أكبر من $2\alpha = 2\widehat{AOD}$، وإذا سمينا $2\theta'$ الزاوية التي بها تَرى العين E

في المرآة المقعرة المرآة بأكملها، أي القطعة المستقيمة MN، فإنه يكون لدينا $2\theta' > 2\theta$ عندئذ يبدو الوجه أكبر من مقداره الحقيقي. وإذا كانت E في موقع E'_0، $SX = MN$، يكون لدينا عند ذاك $2\theta' = 2\theta$، ويُرى الوجه في هذه الحالة مثلما يرى في المرآة المستوية. وإذا كانت E على نصف الخط المستقيم E'_0x، $SX > MN$، فإن القطعة المستقيمة التي تمثل الوجه ليست سوى جزء من SX، وسيُرى الوجه بزاوية $2\theta' < 2\theta$، وسيبدو أصغر من مقداره الحقيقي. وعندما تبتعد E إلى ما لا نهاية، فإن الزاوية 2θ تميل نحو الصفر، إذاً $2\theta'$ تميل نحو الصفر، والوجه يبدو متزايداً في الصغر، إلى أن يصبح غير مرئي.

وهناك صعوبة أخرى واجهها دون شك ابن لوقا عند دراسته للمرآة المقعرة، وهي متعلقة بدراسة الشعاع المنعكس الذي تفحَّصَهُ في الفصل ٢٧ بالنسبة إلى المرآة المحدبة. في حين أن الشكل نفسه يكون، في هذه الحالة الأخيرة، مناسباً لأي موقع للعين، فإن الأمر يختلف تماماً بالنسبة إلى المرآة المقعرة، حيث يجب تمييز عدة حالات. وهكذا، فإن الشعاع الساقط AEB، الخارج من العين، يوافقه شعاع منعكس رأسه I، والنقطة I هي صورة E في المرآة المقعرة ADB. هذه الصورة يمكن أن تكون حقيقية أو افتراضية تبعاً لموقع العين E.

لنضع $\widehat{AIB} = 2\omega$؛ لنفترض كما في السابق أن $\alpha < \frac{\pi}{4}$ ، وَلْنُسَمِّ C منتصف القطعة المستقيمة AB، وΦ نقطة تقاطع OD مع منصف OA. فتظهر لنا الحالات التالية:

١) الحالة التي تقع فيها E بين C وΦ (الشكل رقم (١٤)).

تقع النقطة I، وهي الصورة الافتراضية للنقطة E، وراء D على Dx'. ويكون لدينا:

$$2i = \omega + \theta ،\quad i = \theta - \alpha ،$$

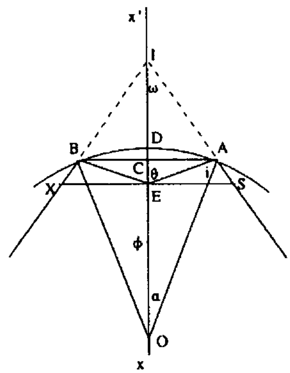
فينتج من ذلك:

$$\omega = \theta - 2\alpha$$

عندما تتحرك E على القطعة $C\Phi$، فإن الزاوية θ تتناقص من $\frac{\pi}{2}$ إلى

2α، فتتناقص ω من $2\alpha - \frac{\pi}{2}$ ، إلى الصفر. تبتعد I إلى ما لا نهاية على Dx'، ويتباعد الشعاعان AS و BX. فضلاً عن ذلك، إذا كان $AB = 2r$، فإنه يكون لدينا $SX > 2r$.

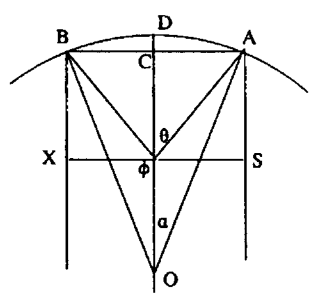
الشكل رقم (١٤)



٢) الحالة التي تقع فيها E في النقطة Φ (الشكل رقم (١٥)).

في هذه الحالة، $i \approx \alpha$، ويكون الشعاعان المنعكسان AS وBX موازيين للمحور، ويكون الشعاع المنعكس شعاعاً أسطوانياً؛ لدينا إذن $SX = 2r$.

الشكل رقم (١٥)



٣) الحالة التي تقع فيها E بين Φ وO (الشكل رقم (١٦)).

تكون النقطة I في هذه الحالة على نصف الخط المستقيم Ox. ويتقارب الشعاعان المنعكسان AS وBX نحو النقطة I وراء النقطتين S وX. ويكون لدينا:

$\theta=\alpha+i$ و $\omega=\alpha-i$،

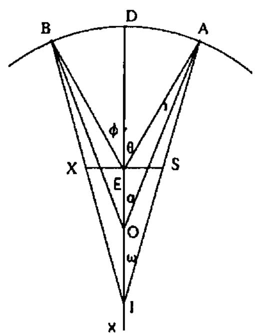
فينتج من ذلك:

$$\omega=2\alpha-\theta$$

عندما تكون E في Φ، تكون I في اللانهاية على Ox. عندما تتحرك E على القطعة المستقيمة ΦO، من Φ إلى O، فإن I تتحرك على Ox باتجاه O وصولاً إلى النقطة O.

عندما تكون E في O، تكون الزاوية EAI مساوية للصفر. لدينا $SX<2r$، وتميل القطعة المستقيمة SX نحو الصفر عندما تقترب E من O.

الشكل رقم (١٦)



٤) الحالة التي تقع فيها E وراء O (الشكل رقم (١٧)).

في هذه الحالة تكون I بين Φ وO. ويتباعد الشعاعان المنعكسان AI وBI انطلاقاً من I نحو S وX. يكون لدينا:

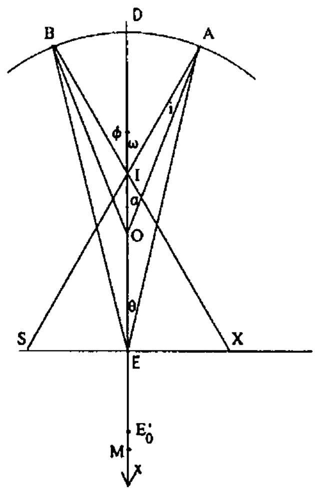
$\alpha=\theta+i$ و $\omega=\alpha+i$،

فينتج من ذلك:

$$\omega = 2\alpha - \theta$$

عندما تتحرك E على نصف الخط المستقيم Ox، فإن الزاوية θ تتناقص من 2α إلى صفر، تتزايد ω إذن من 0 إلى 2α. وتتحرك النقطة I على القطعة المستقيمة $O\Phi$ من O نحو Φ، وتتزايد القطعة المستقيمة SX من صفر إلى ما لا نهاية.

الشكل رقم (١٧)



وختاماً لشرح دراسة ابن لوقا عن المرآة المقعرة نذكّر أولاً بما أشرنا إليه سابقاً: لم يتنبَّهْ ابن لوقا إلى دور النقطتين E_0 وΦ في الفصل ٢٦، ولم يتناول مواقع العين بين C وΦ في الفصل ٢٧. وقد رأينا أنه يتوقف أولاً عند ما نسميه الحالة ٣، قبل أن يتناول الحالة ٤. فهو في الحالة ٣ يدرس الوضع عندما تقترب العين من المركز، ويبيّن أن الزاوية θ تتناقص والزاوية ω تتزايد؛ كذلك تتناقص $\widehat{EAI}$ وتميل نحو الصفر. أما في الحالة ٤، فإن العين تبتعد عن المركز، وتتناقص دائماً الزاوية θ وتتزايد ω. ويتزايد طول القطعة SX، الذي يكون مساوياً للصفر عندما تكون العين في النقطة O، ويصبح أكبر من طول الوجه، ثم يستمر في التزايد إلى ما لا نهاية. لاحقاً، في الفصل ٣٢، يوضِّح ابن لوقا هذه الفكرة، دون أن يحدد مع ذلك الموقع E'_0 الذي يكون فيه طول SX مساوياً لطول الوجه. ولتلخيص أفكار ابن لوقا في

الفصل ٣٢ من كتابه نقول: إذا سمينا ℓ عرض الوجه، فإن النسبة ℓ/sx تتناقص وتميل نحو الصفر عندما تبتعد العين إلى ما لا نهاية.

ونحن نرى أن ابن لوقا على الرغم من أنه لم يحدد أبداً النقطة E'_0، قد أدرك، على ما يبدو، أهميتها بالحدس. ذلك أنه في الفصل ٣٣ يذكر الطرف M لقطر المرآة، ويفترض إذن أن $OM = R$. لكن هذه الفرضية لا تلعب دوراً في بقية عرضه. يبقى أن حساب المسافة OE'_0 يعطينا $OE'_0 = R\sqrt{\cos\alpha} < R$؛ فإذا كانت الزاوية α صغيرة، فإن النقطة E'_0 تكون قريبة من M. ربما أدرك ابن لوقا أنه بالقرب من هذه النقطة M تكون القطعة المستقيمة SX مطابقة لطول الوجه[١١].

يلجأ ابن لوقا طوال كتابه البحثي هذا إلى الوصف الكيفي وإلى الحدس القوي والبراهين الهندسية، المرة بعد المرة، لمعالجة الموضوع المهيمن على امتداد الكتاب وهو تحديد شكل الوجه المبصَر في المرآة المستوية والكروية المقعرة والكروية المحدبة. ولا عجب، في هذه الظروف، أن تبقى بعض تفسيراته لِتَشَوُّهِ صورة الوجه غير مفهومة.

ما هي المصادر التي كانت لدى ابن لوقا ليباشر مثل هذا البحث وليكتب مؤلفه؟ هذا السؤال مهم لفهم تاريخ إسهام ابن لوقا، كما أنه مهم أيضاً لمعرفة علم المناظر وعلم انعكاس الضوء عند الكندي. للأسف لا يذكر ابن لوقا أي مؤلَف، سواء أكان يونانياً أم عربياً، وتبقى معرفة مصادره من مهام البحث التاريخي في المستقبل. مع ذلك نستطيع التأكيد على معرفته بكتاب «**علم المناظر**» لأقليدس، لأنه يأخذ بعضاً من فرضياته في مقدمة مؤلفه. كما أننا نستطيع تحديد بعض الآثار لكتاب **انعكاس الضوء** المنسوب إلى أقليدس، والأمر لا يتعلق قطعاً باستشهادات قد يكون ابن لوقا نسخها، بل بتقارب يتطلب إثباته النهائي معارف إضافية. وهكذا، يبدو أن ابن لوقا في الفصل العاشر قد استخدم القضية الأولى من كتاب **انعكاس الضوء**. كما يمكن العثور في الفصل ٢٢ المتعلق بموضوع المرآة المستوية، على بعض الآثار من القضايا

---

(١١) خلال العرض، افترضنا أن الزاوية $\alpha = DOA < \frac{\pi}{4}$، لكي نعالج المناقشات في الفصلين ٢٦ و٣٢، مع الفرضية نفسها، ولكي نوجز هذه المناقشات، كما يفعل ابن لوقا في الفصل ٣٣. لنلاحظ أن هذا الشرط المتعلق بالزاوية ضروري في الفصل ٢٢، ولكنه ليس كذلك في الفصل ٢٦. ذلك أنه في هذا الفصل لدينا $\alpha \geq \frac{\pi}{4}$، والنقطتان S وX موجودتان مهما كان موقع العين على OC.

٧ و١٦ و١٩ من هذا الكتاب نفسه. والأمر نفسه ينطبق على الفصل ٢٣ في المرآة المحدبة والقضية ٢١ من كتاب **انعكاس الضوء**، وكذلك على الفصل ٢٨ في المرآة المقعرة والقضية ٥ من الكتاب المنسوب إلى أقليدس. هذا التقارب بين الكتابين، وإن كان لا يسمح بإثبات أن ابن لوقا كان يملك نصاً عن كتاب **انعكاس الضوء**، إلا أنه يجعل اطلاعه على مصدر غير معروف حالياً متضمن لبعض قضايا كتاب أقليدس، أمراً محتملاً.

٣ ـ نص وترجمة

لقد وضع ابن لوقا مؤلفه وأهداه لأبي أحمد الموفق [٢٢٩/٨٤٣ ـ ٢٧٨/٨٩١] أخ الخليفة المعتمد [٨٧٠ ـ ٨٩٢]، وهو صاحب السلطة الفعلي. وقد حرّر مؤلفه في بغداد (فهو يذكر فيه نهر دجلة)، وهو مكتوب بلغة علم المناظر العائدة إلى القرن الثالث للهجرة (القرن التاسع الميلادي). إن مجموعة مفردات علم المناظر عند ابن لوقا قريبة من لغة الكندي، في الأمور الأساسية منها، لكنها ليست مطابقة لهذه اللغة. ذلك أننا نميز ميدانين في هذه المفردات. الأول منهما، وهو الأكثر أهمية، يغطي تعابير الكندي؛ في حين أننا نتعرّف في الثاني على مصطلحات الأطباء الجالينيِّين العرب. فإن ابن لوقا يلجأ كما فعل الكندي إلى استخدام عبارات، مثل «ينبث»، «الناظر»، «مستحد»، «الشعاع البصري»، «علم الشعاعات». . . ، اختفى بعضها بسرعة من لغة علم المناظر. يبقى أن نقول إن ابن لوقا يلجأ، أكثر من الكندي، إلى استخدام مصطلح «الشعاع البصري»؛ ويستخدم أحياناً المصطلح «ينعطف» للكلام على الانعكاس ـ وهو المصطلح الذي كُرِّس لاحقاً للتعبير فقط عن الانكسار ـ أخيراً، فإن مفردات ابن لوقا تتخللها تعابير جالينية مثل «الروح النفسانية»، والتي نجدها في كتابات حنين بن اسحق على سبيل المثال.

ونحن نعرف من جهة أخرى عن طريق اثنين من المفهرسين القدامى هما ابن النديم والقفطي، ومن خلال مراسلات ابن لوقا نفسه[١٢]، أن هذا الأخير

(١٢) أبو الفرج محمد بن اسحق بن النديم، **الفهرست**، تحقيق رضا تجدد، ١٠ ج (طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠ هـ/١٩٧١ ـ ١٩٧٢ م)، ص ٣٥٣، وأبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، [تحقيق] يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٢٦٣. انظر أيضاً: =

كان لديه اهتمام خاص للغاية بالمرايا المحرقة. وهكذا، فإن عدداً من الأدلة، ومنها ذكر المؤلِّف من قبل المفهرسَيْن، والمكان المشار إليه، والمفردات، بالإضافة إلى الاهتمام الذي أولاه ابن لوقا لمسائل انعكاس الضوء، كل ذلك يتضافر لتأكيد صحة نسبة الكتاب إلى ابن لوقا، وهي جلية، كما أنها مدونة في عنوان الكتاب نفسه؛ ومن جهة أخرى، لم يظهر أي شيء يضع هذه الصحة موضع الشك.

لقد وصلنا كتاب ابن لوقا هذا في مخطوطة واحدة صعبة القراءة أحياناً. وتشكل هذه المخطوطة جزءاً من المجموعة ٥٥٩٣ فاضل خان من مكتبة آستان قدس في مدينة مشهد من إيران[١٣]. وهي مجموعة علمية تتضمن نصين آخرين في المرايا المحرقة (عائدين إلى ديوكليس وديديم (Dioclès et Didyme))، وثلاثة نصوص في علم الفلك، وأربعة في الرياضيات، منها «مساحة القطع المكافىء» لثابت بن قرة. ويبدو أنه لا يوجد أي هدف من وراء الجمع بين هذه النصوص، سوى بعض الاهتمام بموضوع المرايا المحرقة. وفضلاً عن ذلك، لا تبرز من ضمن هذه النصوص الأخرى أية معلومات تسمح بإلقاء الضوء على التاريخ المخطوطي لكتاب ابن لوقا.

تتألف المجموعة من ١٥٦ ورقة (قياسها ١٦,٥ × ٨) منسوخة في العام ٨٦٧ من الهجرة، أي في عام ١٤٦٢ ـ ١٤٦٣ ميلادي، بخط النستعليق. والأشكال الهندسية لم ترسم، لكن الناسخ ترك مساحات بيضاء مخصصة لها. ولا توجد أية حاشية، ولا أية إضافة، ولا أية إشارة إلى مراجعة النسخة استناداً إلى نموذجها الأصلي، والإضافة الوحيدة بيد الناسخ كتبت من دون شك خلال تدوين المخطوطة. أما العدد الكبير من الأخطاء، ولا سيما الخلط بين الأحرف المختلفة التي تشير إلى المقادير الهندسية، فهو يبين بشكل واضح أن الناسخ كان غريباً عن ميدان علم المناظر. وخلال تحقيق النص لم نحتفظ إلا بالتغيرات المقبولة للمفردات وفق لغة علم المناظر؛ أي أننا لم نأخذ بعين

Ali Ibn Yahya Ibn al-Munajjim, *Une Correspondance islamo-chrétienne entre Ibn al-Munaggim, Hunayn Ibn Ishaq et Qusta Ibn Luqa*, introduction, édition, divisions, notes et index par Khalil Samir; introduction, traduction et notes par Paul Nwyia, Patrologia Orientalis; t. 40, fasc. 4 = no. 185 (Turnhout, Belgique: Brepols, 1981), p. 674.

(١٣) أ. ك. معاني، **فهرست كتب خطي كتبخانا آستان قدس رضي** ([د.م.]: د.ن.]، ١٣٥٠هـ/ ١٩٣١م)، مج ٨.

الاعتبار التغيُّر والأخطاء في تدوين الأحرف والكلمات عندما لم يكن هناك مجال للشك في ذلك. أما الأشكال، التي رسمناها جميعها بأنفسنا، فهي تتبع بدقة المعلومات الواردة في النص.

أخيراً، لقد سنحت لنا الفرصة للحديث بشيء من التفصيل عن حياة قسطا بن لوقا المترجم والعالِم[١٤]. ينتج من هذه السيرة، ومن مقارنة تواريخها مع تواريخ سيرة الموفق، أن كتاب ابن لوقا قد حرر على الأرجح خلال العقد السابع من القرن التاسع الميلادي وليس قبل ذلك. وبالتالي، فإن هذا الكتاب أتى بعد كتابات الكندي الذي توفي في العام ٨٦٦/٨٦٧ م.

(١٤) انظر الهامش رقم (١).

كتاب في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر
ألفه للناصر لدين الله أبي أحمد الموفق بالله
قسطا بن لوقا اليوناني

قال قسطا : كل فاضل، أعز الله الأمير، فمحبته واجبة، وأفضل الناس من كان عند الله مفضلاً، والمفضل عند الله من فضله الله بأفضل الأشياء الإنسانية، العقل والدين والأخلاق الجميلة. وقد فضل الله السيد بعقل كامل آثر به صواب الرأي عن خطأ الهوى، وبدين فاضل قدم به التعب والنَّصْبَ من الصلاح الشامل على الحضيض والراحة، وبأخلاق جميلة على حسن معاشرة الحول والأصحاب والعناية بهم وتفقد أحوالهم، وجمع لهم إلى ذلك ذكاءً وذهنًا وسياسة وتدبيراً وحبًا وكرامة، وانتحى لإصلاح الدولة بعد فسادها، وجمع الكلمة بعد تشتتها. فالأمير الفاضل بهذه المعاني أفضل البشر، ومحبته واجبة على الناس جميعًا؛ ومن حبته النفوس نادت إلى إلحاقه بأحسن الأشياء. وأحسن الأشياء الإنسانية العلوم البرهانية التي تبين عن طبائع الأشياء وعللها؛ وأحسن العلوم البرهانية ما اشترك فيه العلم الطبيعي والعلم الهندسي، لأنه يأخذ من العلم الطبيعي الإدراك الحسي ويأخذ من العلم الهندسي البراهين الخطوطية. ولم أجد شيئًا تجتمع فيه هاتان الصناعتان أكثرَ حسنًا وكمالاً من علم الشعاعات، لا سيما ما كان منها منعكسًا عن المرايا. فاتخذت للأمير الفاضل مرآة ذات وجهين: أحدهما فيه صور المبصرات في مقاديرها الحقيقية لا زائدة ولا ناقصة عنها، ⟨والآخر فيه صور المبصرات زائدة أو ناقصة عنها⟩؛

8 آثر به: أثريه – 12 تشتتها: نسبتها – 14 العلوم: المعلوم.

وذلك أن من المرايا ما ترى فيه صور المبصرات في أصغر من مقاديرها وهي التي في وجوهها نتوء، ومنها ما ترى فيها صور المبصرات في أعظم من مقاديرها وهي التي في وجوهها تقعير.

فأما المرايا التي وجوهها سليمة من الارتفاع والانخفاض، فإنها تُري الوجه في مقداره الحقيقي لا زائداً عليه ولا ناقصاً عنه، وهكذا أحد وجهي هذه المرآة، وأما الجانب الآخر فإن صور المبصرات ترى فيه مختلفة على قدر بعدها وقربها منه. فإذا قُرِّب / هذا الجانب من الوجه تقريبًا شديداً ٧٨-ظ حتى يكون بعده عنه مقدار أربع أصابع رئي الوجه فيه عظيمًا جداً في خلقته المستوية رؤية صحيحة بينة. فإن بوعدت المرآة عن الوجه أكثر من ذلك حتى يكون بعدها عنه ثماني أصابع رئي الوجه فيها متزيد العظم مستوي الصورة. فإن بوعدت المرآة عن الوجه أكثر من هذا البعد حتى يكون بعدها عنه ست عشرة إصبعًا رئي له ثلاث أعين، اثنتان في موضعيهما وعين ثالثة بينهما. فإن بوعدت عن الوجه أكثر من ذلك قليلاً حتى يصير بعدها عنه أربعًا وعشرين إصبعًا رئي للوجه أربع أعين وأنفان ورئي فيها صورته عظيمة جداً. فإن بوعدت عن الوجه بعداً أكثر حتى يكون بعدها عنه ستًا وثلاثين إصبعًا لم تر شيئًا ورئي لونها مختلفًا مائلاً تارة إلى اللون الرصاصي وتارة إلى اللون البنفسجي. فإن بوعدت عن الوجه بعداً أكثر حتى يصير بعدها عنه ثمانيًا وأربعين إصبعًا أرت الوجه مقلوبًا وأرت <له> أنفين وثلاث أعين. فإن بوعدت عن الوجه أكثر من هذا البعد أرته مقلوبًا ذا عينين، ولا يزال بعدها ذا البعد تريه مقلوبًا ذا عينين متزيداً في الصغر حتى لا يرى البتة.

ولما كان كل معنى علمي إنما يصحّ في النفس إذا علمت علته وأقيم البراهين عليه، احتيج في هذه المعاني إلى إبانة عللها وإقامة البراهين عليها، وذلك لا يتهيأ إلا بتوطئة تقدم له من علم اختلاف المناظر. فعملت ذلك للأمير وقدمت له كل ما يحتاج إلى تقديمه، وجعلت ما كتبته فيه كليًا يُبين به علل كل ما يوجد في المرايا من اختلاف صور المبصرات فيها، ثم اتبعته بكلام خاص يخصّ هذه المرآة، وصنفته أبوابًا ورسمت

1 مقاديرها: مقدارها – 3 وجوهها: وجهها – 6 فيه: فيها – 10 رئي: راى، ولن نشير إليها فيما بعد – 11 هذا: كتب بعدها «الوجه»، ثم ضرب عليها بالقلم – 15 بعداً: بعد – 18 بعداً: بعد – 19 أنفين: اربعين – 22 معنى: كتب الناسخ «واحد»، ثم ضرب عليها بالقلم، ثم كتب «حود»، التي يمكن أن تقرأ «وجود»، ولكن لن يستقيم المعنى بها، فمن الواضح أن هنا سهو وخطأ من الناسخ – 24 فعملت: فعلمت.

الأبواب في أوّل الكتاب بأعداد تبينها عليها ليسهل وجدان المعنى الذي يقصد منها ويقرب مأخذه، والله أسأل توفيقًا لما يرضاه الأمير الفاضل وتسديداً لبلوغ طاعته وما يراه والمثوبة على ما في نيتي وضميري من خدمته وهو حسبي وعليه توكلي وبه أستعين.

أبواب الكتاب وهي ثلاثة وثلاثون بابًا

الباب الأوّل: بماذا يكون البصر؟ /

الباب الثاني: كم أصناف الشعاعات وبأيها يكون البصر؟ ٧٩-و

الباب الثالث: ما شكل الشعاع وصورته؟

الباب الرابع: لأية علة يرى الشيء الواحد مختلف العظم في قربه وبعده عن البصر؟ فيرى من القرب عظيمًا ومن البعد صغيراً.

الباب الخامس: لأية علة إذا بوعد المبصر عن البصر بعداً دائمًا خفي عن البصر فلم يُبصر؟

الباب السادس: لأية علة يرى الشيء الواحد شيئين وأكثر، وعلى كم جهة يكون ذلك؟

الباب السابع: ما الجرم الصقيل؟ وكم أنواع الأجرام الصقيلة التي يرى الإنسان فيها صورته وصور الأشياء التي تقابلها؟

الباب الثامن: على أية جهة ترى صورة الوجه في المرآة وفي سائر الأجرام الصقيلة؟

الباب التاسع: على أي جهة ترى سائر المبصرات في المرايا وفي غيرها من الأجرام الصقيلة؟

الباب العاشر: ما معنى انعكاس الشعاع عن الأجرام الصقيلة، وكيف يكون انعكاس الشعاع على زوايا متساوية؟

الباب الحادي عشر: كم أصناف المرايا، وعلى كم جهة تختلف؟ وما منها محصور بحدبه وما منها غير محصور؟

الباب الثاني عشر: بماذا تحد المرآة المقببة تقبيبًا كريًا؟

الباب الثالث عشر: بماذا تحد المرآة المسطحة تسطيحًا مستويًا؟

الباب الرابع عشر: بماذا تحد المرآة المقعرة تقعيراً كريًا؟

1 بأعداد: باعدادا – 3 وما يراه: وما برلف؛ ولم نهتد إلى التحقق منها – 7 يكون البصر: كتبها تحت السطر – 9 وبعده: وبعد – 13 وأكثر: او اكثر – 16 وصور: وصورة.

الباب الخامس عشر: بماذا نمتحن المرآة المستوية الوجه حتى نعلم أن وجهها صحيح الاستواء؟

الباب السادس عشر: بماذا نمتحن المرآة المقببة حتى نعلم أن تقبيبها كري؟

الباب السابع عشر: بماذا نمتحن المرآة المقعرة حتى نعلم أن تقعيرها صحيح؟

الباب الثامن عشر: ما الفرق بين أن يرى الوجه في المرآة مشوهًا وبين أن يرى مختلف الصورة؟

الباب التاسع عشر: أي المرايا يرى الوجه فيها مشوهًا، وما علة ذلك؟

الباب العشرون: أي المرايا يرى الوجه فيها مختلف الصورة غير مشوه، وما علة ذلك؟

الباب الحادي / والعشرون: في أي صورة يرى الوجه في كل واحدة ٧٩-ظ من المرايا المحدودة التي هي المسطحة والمقببة تقبيبًا كريًا والمقعرة تقعيراً كريًا؟

الباب الثاني والعشرون: لأية علة ترى صورة الوجه في المرآة المستوية السطح في مقدارها الحقيقي لا زائدة عليه ولا ناقصة عنه؟

الباب الثالث والعشرون: لأية علة ترى صورة الوجه في المرآة المقببة في أصغر من مقدارها الحقيقي؟

الباب الرابع والعشرون: لأية علة ترى صورة الوجه في المرآة المقعرة في أعظم من مقدارها الحقيقي؟

الباب الخامس والعشرون: لأية علة يرى الوجه في المرآة المقببة تقبيبًا كريًا متزيدة الصغر؟ <و>كلما زاد بعد المرآة عن الوجه لا يزال الصغر يتزيد إلى أن لا يرى البتّة؟

الباب السادس والعشرون: لأية علة يرى الوجه في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا متزيد العظم؟ وكلما بعدت المرآة عن الوجه يتزيد عظمه إلى بعد ما محدود؟ وكم ذلك البعد؟

الباب السابع والعشرون: لأية علة لا يرى الوجه في المرآة المقببة بعد انقطاع رؤيته فيها لصغره، ويرى في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا بعد انقطاع رؤيته فيها لعظمه؟

1 حتى: التي – 7 مشهوهًا: مسوبا – 9 مشهوهًا: مسوبا – 16 زائدة: زائدا / ناقصة: ناقصا – 22 عن: على – 29 لعظمه: العظمه.

الباب الثامن والعشرون : لأية علة لا يرى الوجه في بعض المرايا إذا صار على بعد من الأبعاد محدود ، ‹و›في أي مرآة يكون ذلك وعلى أي بعد يكون؟

الباب التاسع والعشرون : لأية علة يرى لون المرآة مختلفًا مائلاً تارة إلى اللون الرصاصي ومائلاً تارة إلى الكحلي ، وفي أي مرآة يكون ذلك وعلى أي بعد يكون؟

الباب الثلاثون : لأية علة يرى الوجه في بعض المرايا مقلوباً؟ ‹و›في أي مرآة وعلى أي بعد؟

الباب الحادي والثلاثون : لأية علة يرى الوجه في بعض المرايا مع انقلابه ذا ثلاث أعين وأنفين؟ وفي أي المرايا يرى ذلك وعلى أي بعد يرى؟

الباب الثاني والثلاثون : لأية علة إذا رئي الوجه في المرآة مقلوباً ذا عينين لا يزال صغره يزداد كلما بعدت المرآة عن الوجه حتى لا يرى البتة؟

الباب الثالث والثلاثون : لأية علة اجتمعت هذه المعاني في المرآة التي اتخذتها لسيدي الأمير؟ وكيف نبين منها كل الأصناف التي ذكرنا من اختلاف المناظر؟

الباب الأوّل : بماذا يكون البصر؟

البصر يكون بشعاع ينبث من العين ويقع على المبصرات ، فتبصر بالشعاع / الواقع عليها . فما وقع عليه الشعاع البصري يبصره الإنسان ، ٨٠-و
وما لم يقع عليه الشعاع البصري لم يبصره الإنسان ؛ ولذلك لا تبصر الأشياء التي بينها وبين البصر حواجز تمنع وتعوق شعاع البصر أن يقع عليها . وهذا الشعاع البصري ينبث من الروح النفسانية التي تنبعث من الدماغ إلى الناظر في العصبتين المجوفتين اللتين تنفذان من الدماغ إلى العينين وينبث من العين في الهواء إلى المبصرات فيكون كالعضو للإنسان ؛ فما وقع عليه ذلك الشعاع أدركته حاسة البصر . ولذلك لا يبصر من كان في عينه الماء ، لأن العين التي بها ماء لا ينبث منها الشعاع البصري ، لأن الماء ، يصير حاجزاً يمنع من نفوذه من العين . فإن أزيل ذلك الحاجز عن الناظر – أعني الماء – بالقدح حتى ينفذ الشعاع البصري منه فيقع على المبصرات ، صار ذلك الإنسان بصيراً .

5 اللون : الوجه / ومائلاً : وملائما – 8 مرآة : كتب قبلها « صورة » ، ثم ضرب عليها بالقلم – 26 يصير : يصيرا .

〈ب〉 كم أصناف الشعاع وبأيها يكون البصر؟

أصناف الشعاع ثلاثة: شعاع شمسي، وشعاع ناري، وشعاع بصري. فأما الشعاع الشمسي، فهو الشعاع الذي ينبث من الشمس فيكون به الضياء النهاري. وأما الشعاع الناري، فهو الشعاع الذي ينبث عن النار فتضيء به ظلام الليل. وأما الشعاع البصري، فهو الشعاع الذي ينبث عن أبصار الحيوانات فتبصر به ما يقع عليه شعاعات أبصارها من سائر المبصرات.

وأما القمر وسائر الكواكب، فإن الشعاع الذي ينبث منها من جنس الشعاع الشمسي، ولذلك لم نجعل نوعًا رابعًا.

والشعاع البصري لا يدرك المبصرات إلا بأحد الجنسين الآخرين من الشعاعات، أعني الشعاع الشمسي أو الشعاع الناري، لأن كل واحد منهما يؤثر في الهواء ضياءً لا يكون البصر إلا به وفيه.

〈ج〉 ما شكل الشعاع البصري وصورته؟

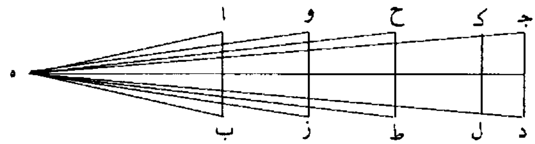
الشعاع البصري ينبث عن العين في صورة شكل مخروط مستحدّه يلي العين الباصرة وقاعدته تلي المبصرات التي تقع عليها. فما وقعت عليه قاعدة المخروط الشعاعي أدركه البصر، وما لم يقع عليه الشعاع البصري لم تدركه حاسة البصر. وهذا المخروط البصري ينفذ من العين الباصرة على خطوط مستقيمة لا اعوجاج فيها، وله زاوية يحيط بها ضلعان من أضلاع المخروط. وتلك الزاوية تلي المبصرات.

〈د، ه〉 لأية علة [لان] يرى الشيء الواحد مختلف العظم في قربه وبعده عن البصر؟ فيرى من القرب عظيمًا ومن البعد صغيراً.

المبصر الواحد يرى في صورة / مختلفة لاختلاف زوايا الشعاع التي ٨٠-ظ
يراها، لأن زوايا المخروط تختلف في الصغر والكبر؛ فإذا رئي المبصر بزاوية عظيمة رئي عظيمًا وإذا رئي بزاوية صغيرة لذلك يرى صغيراً. ولنجعل لذلك مثالاً خطوطيًا يتبين به بيانًا حسيًا. فليكن المبصر خط ا ب والعين الباصرة على نقطة ه ومخروط الشعاع الذي ينبث من البصر مخروط ا ه ب؛ وننقل مبصر ا ب من بعد ا ب حتى يصير على و ز، فيكون الشعاع الذي ينبث إليه من البصر الذي على ه مخروط و ه ز،

4 النار: النارى – 5 فهو: كتب بعدها «الذي»، ثم ضرب عليها بالقلم.

فيبصر المبصر الذي على و ز بزاوية و ه ز. وزاوية و ه ز أصغر من زاوية ا ه ب، فيرى و ز أصغر من ا ب. فإذا نقل مبصر و ز وجعل على ح ط، رئي بزاوية ح ه ط وهي أصغر من زاوية و ه ز. وإذا توهمنا أن مبصر ح ط قد نقل من ح ط وجعل على ک ل، رئي بزاوية ل ه ک وهي أصغر من زاوية ح ه ط. فيرى ک ل أصغر من ح ط. وكذلك إن نقل الذي على ک ل وجعل على جـ د، فإنه يرى بمخروط جـ ه د فرئي أصغر من ک ل. وكذلك كلما بعد عن البصر تصير الزاوية التي يُرى بها دائمًا أضيق. فإذا بلغ بها الضيق إلى أن تصير في صورة خط لا عرض له لم ير المبصر الذي على قاعدتها لضيقها، ولا يزال يصغر المبصر دائمًا بصغر الزاوية حتى يصير من الصغر في المقدار الذي لا يدركه الحسّ البصري.



<وَ> لأية علة يرى الشيء الواحد شيئين أو أكثر؟ وعلى كم جهة يكون ذلك؟

قد قلنا فيما تقدم أن الحسّ البصري يدرك المبصرات إذا وقع عليها الشعاع البصري. فالمبصر إذا وقع عليه شعاع واحد رئي واحداً؛ فإن وقع عليه شعاعان رئي اثنين؛ فإن وقع <عليه> أكثر من شعاعين رئي أكثر من اثنين. فالمبصرات تُرى بعدد الشعاعات الواقعة عليها. والشعاعات الواقعة على المبصرات تكون كثيرة على جهات مختلفة: إحداها من قبل انبثاث الشعاع من العينين، فإن كل عين ينبث منها مخروط شعاعي، فيجتمع المخروطان المنبثان من العينين، فيتركب منهما مخروط واحد شعاعي ترى به المبصرات، فيرى كل واحد من المبصرات واحداً. فإذا تهيأ أن يفترق المخروطان المنبثان من العينين حتى يقع على المبصر الواحد من كل واحد من العينين مخروط شعاعي / رئي الشيء الواحد اثنين. والشعاع المنبث من العينين يفترق حتى ٨١-و

5 ک ل: ط ل – 6 وكذلك: ولذلك – 8 ير: برى – 11 أو أكثر: واكثر – 15 شعاعان: شعاعين – 20 واحداً: واحد.

يصير شعاعين يقع كل واحد منهما على المبصر، فيرى شيئين لعلتين: إحداهما طبيعية والأخرى عرضية. أما الطبيعية فهي زولان أحد الناظرين عن سمت الآخر إلى العلو أو إلى السفل، كالذي يعرض في بعض أصناف الحول. فإن الأحول، الذي حوله يزول أحد ناظريه إلى فوق أو إلى أسفل عن وضع ناظره الآخر، يرى الشيء الواحد نظراً ما بكل واحدة من العينين، فهذه العلة الطبيعية التي يرى بها الشيء الواحد شيئين. فأما العلة الصناعية التي يرى بها الشيء الواحد شيئين فهي أن يغمز أحد الناظرين من أسفل غمزاً قويًا حتى يرتفع عن سمت الناظر الآخر؛ فإن الناظرين إذا اختلف وضعهما بذلك الغمز رئي الشيء الواحد شيئين لأنه يحدث عن الغمز حول ما في وقت الغمز. فإذا زال ذلك الغمز زال الحول ورجع الناظر إلى موضعه. وقد يرى الشيء الواحد شيئين بعلة صناعية من ‹غير› غمز، وذلك إذا حدق الإنسان بناظره إلى شيء قريب وشيء آخر مسامت لذلك الشيء الذي قد حدق إليه وهو أبعد عن البصر منه، فإنه عند ذلك يرى الشيء الواحد شيئين. وذلك أن بنظره إلى الأقرب وبتحديقه إليه يميل أحد الشعاعين عن الآخر، فيقع على المبصر الأبعد شعاعان فيَرى شيئين. وقد يرى الشيء الواحد شيئين لعلة أخرى تعرض في من شرب نبيذاً كثيراً وصار به إلى حال السُكْر، فإن تلك الحال توجب اجتماع بخارات في آلات البصر تتحافز بها تلك الآلات فيزول وضعها، فيحدث بالبخار المتحافز كالذي يحدث في حال الحول، فيرى الشيء شيئين. وقد يرى الشيء أشياء كثيرة إذا رئي في مرآة مختلفة السطح الصقيل اختلافًا متباينًا حتى تصير المرآة الواحدة كأنها مرايا كثيرة. وبالجملة، فإن العلة الشاملة التي لها يرى الشيء الواحد شيئين أو أشياء كثيرة هي أن يقع على المبصر الواحد شعاعان أو شعاعات كثيرة على أي جهة كان وقوعها على المبصر.

ــ زَ ــ ما الجرم الصقيل؟ وكم أنواع الأجرام الصقيلة التي يرى فيها الإنسان صورته وصور جميع الأشياء التي تقابلها؟

الأجرام الصقيلة هي التي كل نقطة عليها في سطح واحد لا اختلاف في أوضاعها في ارتفاع ولا هبوط. وهذه الأجرام تنقسم قسمين: منها

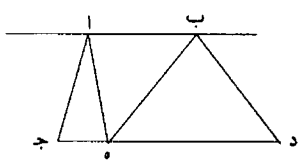
4 يزول: يزولان – 5 ما: مكررة – 8 الناظرين: النظرين – 17 في من: فيمن – 18 فيزول: فتزل – 20 إذا: واذا – 21 اختلافًا: احداها.

أجرام سيالة / مثل الماء والدهن والزيت والعسل والزئبق وجميع ٨١-ظ الرطوبات الصافية التي لا يشوبها كدر؛ ومنها الأجرام اليابسة التي تحتمل الصقال مثل الحديد والنحاس والذهب والصفر وما أشبه ذلك. فإن الإنسان يرى صورته في كل جرم من هذه الأجرام، وليس إنما يرى صورته فقط، لكن يرى فيها كل المبصرات التي عادلها، أي مبصرات كانت في أشكالها وفي أبعادها، إذا ما قابلت الجرم الصقيل وحدق الإنسان ببصره إلى الجرم الصقيل. وعلى هذه الجهة يرى الإنسان وجهه في حبّ الماء إذا أبلّت عليه وكان صافيًا، ويرى صورة وجهه ‹في› العسل والزيت وغيره من الرطوبات التي ذكرنا، حتى يرى الشمس والقمر والكواكب في ماء دجلة وفي سائر الرطوبات الصافية التي لا حاجز بينها وبين الشمس والكواكب وسائر الأشياء التي ترى فيها.

– ح – على أي جهة يرى الوجه في المرآة وفي سائر الأجسام الصقيلة؟

قد ذكرنا فيما تقدم كيف يكون البصر، وأن المبصرات تبصر بوقوع الشعاع البصري عليها و‹أن› الأجرام الصقيلة إذا وقع عليها الشعاع البصري ترده منعطفًا، وفي انعطاف الشعاع يقع على الوجه وعلى مبصرات أخر، فيرى جميع ما يقع عليه الشعاع المنعطف في المرآة وفي غيرها من الأجرام الصقيلة لوقوع الشعاع البصري عليه.

ولنجعل لذلك مثالاً خطوطيًا يتبين به ما قلناه بيانًا حسّيًا.



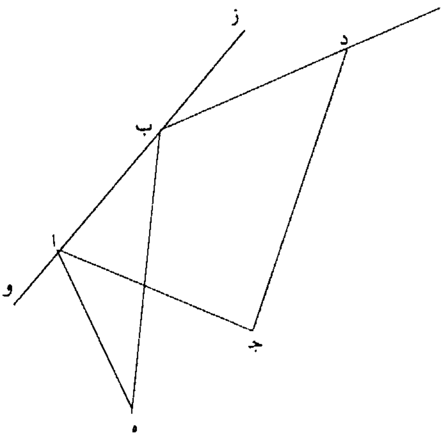
فلنتوهم مرآة على خط اب، وليكن الوجه على جـ د، ‹وليكن› مخروط اه ب جرمًا شعاعيًا، ولنتوهم أن شعاع ه ب قد انعكس على ب د ‹و›شعاع ه ا قد انعكس على ا جـ. فيكون الشعاع الذي بين خطي ه ا ه ب قد انعكس حتى صار بين خطي ا جـ ب د، فيصير ما بين خطي

5 عادلها: عادبها – 6 ما: ماذا – 19 يتبين: نبين.

ا جـ ب د كله شعاعًا بصريًا، فيقع ذلك الشعاع على جـ د الذي هو الوجه، فيرى جـ د وهو الوجـه الذي وقع عليـه الشـعـاع المنعكس عن المرآة التي عليها ا ب. وعلى هذه الجـهـة يرى الوجـه في كل مـرآة وفي سـائـر الأجرام الصقيلة.

⟨ط⟩ على أي جهة ترى سائر المبصرات في المرآة وفي سائر الأجرام الصقيلة؟

سـائر المبـصرات تـرى في المرايا وفي سـائر الأجـرام / الصـقيلة على ٨٢-و الجهة التي يرى بـها الوجه في المرآة، وهي أن الشعاع البصري ينعكس عن المرايا، فإذا انعكس عن المرآة الشعاع البصري ووقع على أي مبصر اتفق، رُئي ذلك في المرآة.



ومثال ذلك: لنفرض مرآة عليها ا ب، ولتكن العين التي ينبث منها الشعاع البصري على نقطة ه، والشعاع البصري المنبث ⟨من⟩ نقطة ه إلى مرآة ا ب بين خطي ه ا ه ب، ولنمد خط ا ب في الجهتين جميعًا، ونفرض على نهايتيه نقطتي و ز. فشعاع ه ا ينعكس عن مـرآة ا ب على خط ه ا جـ، وشعاع ه ب ينعكس على خط ه ب د ويكون ما بين نقطتي ا ب، وخطي ا جـ ب د شعاع بصري منبث عن مـرآة ا ب، فما وقع عليه هذا

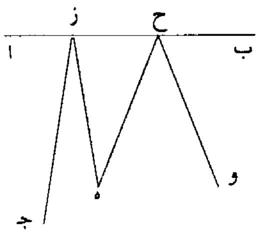
1 شعاعًا: شعاعيا – 12 البصري (الأولى): البصر / نقطة (الثانية): نقط – 15 ه ب د: د ب ن.

الشعاع رئي في المرآة. وننزل مبصراً على جـ د، فالمبصر الذي على جـ د يرى في مرآة ا ب، أي مبصر كان. وعلى هذه الجهة ترى المبصرات في الأجرام الصقيلة وفي جميع المرايا.

- يَ - ما معنى انعكاس الشعاع عن الأجرام الصقيلة وعلى أي زوايا ينعكس؟

الشعاع البصري، بل كل شعاع، إذا لاقى جرمًا صقيلاً انعكس منه على زوايا متساوية، وأعني بقولي زوايا متساوية أن تكون الزاوية التي يحيط بها الشعاع المنبث إلى الجرم الصقيل <مع الجرم الصقيل> مساوية للزاوية التي يحيط بها الشعاع المنعكس عن الجرم الصقيل مع الجرم الصقيل.

ولنجعل لذلك مثالاً خطوطيًا يتبين به ما قلنا، أعني انعكاس الشعاع على زوايا متساوية.



فلنتوهم سطحًا صقيلاً عليه ا ب وشعاعًا منتهيًا إليه من نقطة ه في هيئة مخروط عليه ه ز ح، فيكون رأس المخروط الشعاعي نقطة <ه> وقاعدته ز ح، فتكون الزاويتان اللتان يحيط بهما الشعاع المنبث إلى الجرم الصقيل مع الجرم الصقيل زاوية ه ز ح وزاوية ه ح ز. ولينعكس شعاع ه ز عن الجرم الصقيل على خط ز جـ، ولينعكس شعاع ه ح عن الجرم الصقيل على خط ح و، فتكون زاوية ه ز ح التي يحيط بها الشعاع المنبث من البصر إلى الجرم الصقيل مساوية لزاوية ا ز جـ التي يحيط بها الجرم الصقيل مع الشعاع المنعكس. وكذلك أيضًا تكون زاوية ه ح ز

15 الزاويتان اللتان: الزاوية التي / بهما: بها - 17 ولينعكس: وينعكس - 20 وكذلك: ولذلك.

مساوية لزاوية ب ح و ‹و›يكون شعاع ه ز ه ح قد انعكس على زوايا متساوية / على خطي ز جـ ح و. فقد بينا كيف هو انعكاس الشعاع على ٨٢-ظ زوايا متساوية.

- يا - كم أصناف المرايا؟ وبماذا تحدّ كل مرآة؟

المرايا تختلف من قبل العنصر الذي هو جوهرها، ومن قبل شكلها الذي هو صورتها. فأما اختلافها من قبل عنصرها فهو أن منها ما يكون عنصره قوارير ومنها ما يكون عنصره حديداً. ويمكن أن يكون عنصرها نحاساً أو ذهبًا أو فضة. واختلافها من قبل عنصرها لا يكون عنه اختلاف في المبصرات فيها إلا من جهة بيان الصورة وفصاحتها أو حقيقتها أو ضعف إدراكها. وهذا النوع من الاختلاف غير محصور، ولذلك لا حاجة لنا إلى ذكره. فأما اختلاف المرايا من جهة شكلها، فإنه يحدث عنه في صور المبصرات اختلاف كبير في مقاديرها، في الصغر والعظم، وفي استواء أوضاعها واختلافه، وفي عددها.

‹و›نقصد لإبانته فنقول: إن أشكال المرايا الأوَل ثلاثة: فمنها مستوية السطح ومنها مقببة ومنها مقعرة. وأصناف التقبيب والتقعير ثلاثة، فمنها تقبيب كري ومنها تقبيب أسطواني ومنها تقبيب مخروطي. والتقعير أيضًا فمنه كري ومنه أسطواني ومنه مخروطي. ولأن المستعمل كثيراً من المرايا في التقبيب والتقعير جميعًا هو الشكل ‹الكري الذي هو الشكل› الذي نقصد القول فيه، فلنقدم أوّلاً صنعة المرآة المستوية السطح ثم نتبع ذلك بصنعة المرآة المقببة تقبيبًا كريًا ثم نتبعه بذكر المرآة المقعرة تقعيراً كريًا.

- يب - بماذا تحد المرآة المستوية السطح؟

المرآة المستوية السطح هي التي إذا جعل وسطها قطبًا وركبت عليه مسطرة مستوية الوجه وأديرت على سطح المرآة ماست وجه المرآة كله مماسة واحدة، ولم يكن فيها نقطة منخفضة عن المسطرة ولا ناتئة عنها. والمرآة التي هي هذا شكلها يطابق سطحها المستوي كل سطح مستوٍ تلقاه مطابقة معتدلة وتماس كل نقطة من أحدهما كل نقطة من الآخر.

2 ز جـ جـ ح و: ز ح حـ د / هو: هو ان - 7 عنصره (الأولى): عنصرها - 16 مخروطي: مخروط - 17 مخروطي: مخروط - 18 التقبيب: قد تقرأ «النتوء» - 19 فلنقدم: ونقدم - 20 المقببة: الصقيلة.

– يجـ – بماذا تحدّ المرآة المقببة تقبيباً كرياً؟

المرآة المقببة تقبيباً كرياً هي التي سطحها المقبب قطعة من بسيط كرة. وإذا أخذ من نصف الدائرة التي حدث عنها ذلك البسيط الكري قوس وقسمت بنصفين وأثبتت النقطة التي قسمتها بنصفين من جهة أخمص القوس على مركز المرآة وأديرت / القوس على وجه المرآة ماسّ ما وقع من ٨٣-و القوس في المرآة جميع سطح المرآة وجاز على كل نقطة من بسيط المرآة. وهذه القوس هي مسطرة المرآة التي تُقوم وجهها الذي فيه تبصر المبصرات.

– يد – بماذا تحدّ المرآة المقعرة تقعيراً كرياً؟

المرآة المقعرة تقعيراً كرياً هي التي سطحها المقعر يتركب من قطعة من بسيط كري، ومسطرتها التي تُقوم بها قطعة من قوس نصف الدائرة التي حدث عنها ذلك البسيط الكري. فإذا قسمت المسطرة بنصفين ووضعت النقطة التي قسمتها على مركز المرآة وأديرت على سطحها المقعر ماست جميعها، ولم يكن منه نقطة منخفضة عنها ولا عالية عليها.

– يه – بماذا نمتحن المرآة المستوية الوجه حتى نعلم أن وجهها مستوٍ استواءً صحيحًا لا اختلاف فيه؟

المرآة المستوية الوجه يمتحن استواء وجهها حتى يوقف على صحته بأن يبصر الوجه فيها عن قريب وعن بعيد. فإن رئي ‹الوجه فيها› عن القرب والبعد في صورة واحدة لا اختلاف فيها، كان وجهها مستويًا استواءً مستقصى. وإن اختلفت صورة الوجه في العظم والصغر، كان وجهها مختلفاً. وإن رئي الوجه فيها من قرب في صورة أعظم من الصورة التي يرى فيها من بعد، دلّ ذلك على أن وجهها قد خرج عن الاستواء إلى التقعير. وإن رئي الوجه فيها من قرب أصغر من الصورة التي يرى فيها من بعد، دلّك ذلك على أن وجهها قد خرج عن الاستواء إلى التقبيب.

وقد نمتحن أيضًا المرآة المستوية الوجه بمحنة أخرى، وهي أن نحاذي بها الشمس حتى يقع شعاع الشمس عليها وتعكسه على الأرض أو على حائط، فإن كان شعاعها المنعكس مستوي الاستنارة، كان سطحها مستويًا لا اختلاف فيه. وإن اختلفت استنارته، كان وجهها مختلفًا، ومقدار اختلافه في الكثرة والقلة بمقدار ما يرى في الشعاع المنعكس عنه من الاختلاف.

7 وهذه: وهذا – 13 عنها: عليها – 21 خرج: اخرج – 26 مستوي: مستو.

– يو – بماذا نمتحن المرآة المقبّبة حتى نعلم أن تقبّبها كري صحيح لا اختلاف فيه؟

المرآة المقبّبة تقبيباً كرياً يعلم صحة تقبّبها من جهتين، إحداهما أن يرى الوجه فيها صغيراً، ومع صغره تكون خلقته مستوية سليمة من التشويه في قربها من الوجه وفي بعدها عنه. وإذا قوبل بها الشمس وألقت شعاعها على الأرض أو على حائط، كانت استنارة الشعاع متساوية، ولم يكن <بعضها> أكثر من بعض في الصفاء / والنور وإن كان ضعيفاً؛ فإن الشعاع المنعكس ٨٣-ظ
عن المرايا المقببة كلها يكون ضعيفاً لأن الشكل المقبب يفرق الشعاع كما بينا فيما تقدم.

– يز – بماذا نمتحن المرآة المقعرة تقعيراً كرياً حتى نعلم أن تقعيرها كري صحيح؟

المرآة المقعرة تقعيراً كرياً يمتحن تقعيرها حتى يعلم أنه صحيح بثلاثة معان. الأوّل منها أن تحرق إحراقاً قوياً، وذلك أن كل مرآة مقعرة تقعيراً كرياً تُحرق، إلا أن إحراقها يختلف في المسافة التي تحرق عليها وفي السرعة والإبطاء. وأما اختلاف مسافة الإحراق فمن قبل اختلاف التقعير؛ وذلك أنه إذا كان التقعير كبيراً، كان الإحراق على مسافة قريبة، وإذا كان التقعير قليلاً، كان الإحراق على مسافة بعيدة. وأما اختلاف الإحراق في السرعة والإبطاء، فيكون من قبل صحة التقعير وفساده. وذلك لأنه إن كان صحيحاً كان الإحراق سريعاً، وإن كان غير صحيح، كان الإحراق بطيئاً. فهذه إحدى المحن التي تمتحن بها المرآة المقعرة.

والمحنة الثانية: أن تمتحن بخلقة ما يُرى فيها. وذلك أنها تُري صور الأشياء مختلفة في العظم والصغر، فإن أرت الصورة على اختلاف مقاديرها مستوية الخلقة جميلة سليمة من المشوبة فهي صحيحة التقعير. وإن أرت في شيء من أوضاعها وأبعادها عن الوجه <الوجه> مشوهاً، كان تقعيرها مختلفاً.

والمحنة الثالثة: أن يكون الشعاع الذي ينعكس عنها مستوي النور، وإن كان في بعض الأبعاد قوياً وفي بعضها ضعيفاً، إلا أنه في جميع ذلك متساوٍ.

4 ومع: ومن، ربما كانت في الأصل «وفي» – 23 المشوبة: وتعني الاختلاط، ويقصد بها هنا «التشويه» – 27 إلا أنه: لانه.

– يح – ما الفرق بين أن يرى الوجه في المرآة مشوهًا وبين أن يرى مختلف الصورة؟

الوجه يُرى في المرآة مشوهًا إذا رئي فيها خارجًا عن صورته الحقيقية، ليس في المقدار لكن في الشكل أيضًا. وذلك إذا رئي زائداً في طوله ناقصًا في عرضه، أو يرى بعضه زائداً في العظم على المقدار المعتدل وبعضه ناقصًا عنه، أو يرى الأنف منه معوجًا تعويجًا شديداً والشفتان والعينان طوالاً جداً، وكذلك سائر أجزائه ترى مختلفة الشكل.

فأما الوجه الذي يرى في المرآة مختلف الصورة، فهو الذي يرى عظيمًا جداً أو صغيراً جداً. وعظمه وصغره على مناسبة في أجزائه بعضها عند / بعض وعند جملته، فتكون صورته صحيحة مستوية الخلق إلا أنها زائدة ٨٤-و العظم أو زائدة الصغر على المقدار المعتدل الذي يرى <عليه> الوجه إذا رأى بغير مرآة.

وقد ترى صورة الوجه أيضًا في المرآة مختلفة غير مشوهة إذا زاد عدد أعضائه حتى يرى له ثلاث أعين أو أربع أعين وأنفان، إلا أن خلقة تلك الأعين والأنف مستوية الشكل.

وقد ترى في المرآة الواحدة وجوه كثيرة مستوية الشكل غير مشوهة. فما كان من المرايا يُرى فيه هذه الصور في شكلها الطبيعي قيل إن صورة الوجه ترى فيها مختلفة ليست مشوهة، وما اختلف فيه صورة الوجه في الشكل لا في العظم والعدد، أو في الشكل والعظم والعدد جميعًا [من] قيل إن صورة الوجه ترى فيه مشوهة.

– يط – أي المرايا يرى الوجه فيها مشوهًا؟ وما علة ذلك؟

الوجه يُرى في المرآة وسائر الأجرام الصقيلة مشوهًا إذا كان شكل المرآة أو غيرها من الأجرام الصقيلة مختلفًا في صورته خارجًا في شكله عن مناسبة شكل الوجه؛ وذلك أن الشعاع ينعكس عن كل جرم <صقيل> انعكاسًا مشاكلاً لصورته. والوجه يُرى في الجرم الصقيل في صورة الشعاع الذي يلاقيه. فإذا كان الشعاع الذي يقع عليه في شكله مستطيلاً وكانت الزوايا التي ينعكس عليها صغاراً، رئي الوجه طويلاً. فإن رئي في وجه مستطيل وكان الوجه عرضًا وكانت الزوايا التي ينعكس عليها عظامًا، رئي عريضًا،

6 طولاً: طوال – 9 وعظمه: او عظمه – 13 مشوهة: مشوبه – 16 كثيرة: كثير – 17 في: هي – 21 فيها: فيه – 28 الوجه: وجهه.

كالذي يعرض في السيف، فإنه إن قابل الوجه قائماً، رئي فيه طويلاً؛ وإن قابله معترضًا، رئي عريضًا. وبالجملة، فإن تشويه الوجه يتركب من شكل الجرم الصقيل الذي ينعكس عنه الشعاع، فيرى به الوجه بين الزوايا التي ينعكس عنها؛ فعلى شكله وزوايا انعكاس الشعاع عنه يرى تشويهه.

- كـ - أي المرايا يرى الوجه فيها مختلف الصورة غير مشوه؟ وما علة ذلك؟

المرايا التي أشكالها مستوية الخلقة وليست مستوية البسيط رئي الوجه فيها مختلف الصورة في العظم والصغر ‹و›لا يرى فيها مشوهًا؛ وهذه المرايا ‹هي› المقببة تقبيبًا كريًا والمقعرة تقعيراً كريًا. وذلك أن أشكال هذه المرايا مستوية الخلقة لا اختلاف فيها، والوجه / يُرى فيها خارجًا عن الاعتدال في ٨٤-ظ المقدار لا في الشكل؛ لأنه يرى في بعضها أعظم من مقداره الحقيقي ويرى في بعضها أصغر من مقداره الحقيقي. ويرى في بعضها مقلوبًا وفي بعضها ذا ثلاث أعين وذا أربع أعين، إلا أن خلق هذه الصور جميعًا مستوية سليمة من المشوبة؛ وذلك لما عند سطوح هذه المرايا وخروجها عن الاختلاف في أجزائها، لأن البسيط الذي مقببًا كان أو مقعراً، أجزاؤه يطابق بعضها بعضاً للمسافة المتساوية التي بينها ولسلامتها من الاختلاف، وسنبين ذلك في الأشكال التي نأتي بها فيما نستأنف بيانًا خاصيًا إن شاء الله تعالى.

- كا - في أي صورة يرى الوجه في كل واحدة من المرايا المحدودة التي هي المسطحة والمقببة تقبيبًا كريًا والمقعرة تقعيراً كريًا؟

أما المرآة التي سطحها مستوٍ استواءً مستقصى سليمًا من التقعير والتقبيب، فإن الوجه يرى فيها في صورته الحقيقية. وأعني بقولي «صورة حقيقية» الصورة التي يُرى فيها الوجه بغير مرآة، لا زائداً عليها ولا ناقصًا عنها.

وأما المرآة المقببة تقبيبًا كريًا، فإن الوجه يرى فيها في أصغر من صورته الحقيقية التي يرى فيها بغير مرآة.

11 مقداره: مقدارها – 12 مقداره: مقدارها – 14 المشوبة: انظر ص 599 – 16 المتساوية: المسعله، قد تقرأ «المستقلة» ويستقيم بها المعنى مع التأويل، إلا أن مثل هذه العبارة لا ترد في لغة مناظر ورياضيات القرن الثالث – 18 المحدودة: المحدود – 22 زائداً: زائد.

وأما المرآة المقعرة تقعيراً كرياً، فإن الوجه يرى فيها في صورة أعظم من صورته الحقيقية التي يرى فيها بغير مرآة؛ ويرى له أيضًا مع ذلك في المرايا المقعرة صور مختلفة إذا اختلفت أبعادها عن الوجه، وإن كان تقعيرها غير مختلف.

وأما ⟨المرآة⟩ المقببة تقبيبًا كريًا لا اختلاف فيه، فإن صورة الوجه لا ترى فيها مختلفة لاختلاف أبعادها إلا في مقدارها فقط، فإنه إذا رئي الوجه فيها عن بعد رئي في صورة أصغر من الصورة التي يرى فيها عن قرب.

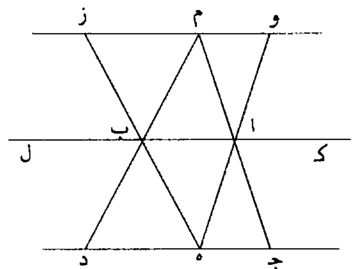
- كب - لأية علة يرى الوجه في المرآة المستوية السطح في مقداره الحقيقي لا زائداً عليه ولا ناقصًا عنه؟

قد قلنا فيما تقدم أن الأجرام الصقيلة تنعكس الشعاعات عن المبصرات فيها. ولأن كل ما وقع عليه الشعاع ⟨يرى⟩، وأن المبصرات التي ترى بزاوية واحدة أو بزوايا متساوية ترى متساوية، والمبصرات التي ترى بزوايا مختلفة ⟨ترى مختلفة⟩، وما يرى منها بزاوية عظمى يرى أعظم وما يرى منها بزاوية صغرى ⟨يرى⟩ أصغر، فالمرآة التي سطحها مستوٍ سليم من النتوء / والانخفاض يرى الوجه فيها من الزاوية التي يرى بها الوجه بغير مرآة، إذا ٨٥-و كان بعده عن البصر مثل البعد الذي يرى ⟨به⟩ في المرآة.

ولنجعل لذلك مثالاً خطوطيًا نبين به قولنا: فلنتوهم مرآة مسطحة البسيط على خط اب والبصر على نقطة ه، والوجه الذي في المرآة على خط جـ د، والشعاع البصري الذي يخرج من البصر وينفذ إلى المرآة التي عليها اب بين خطي اه ه ب، فيكون مثلث اه ب مخروط الشعاع البصري الذي خرج من البصر على ه. ولنتوهم الشعاع قد نفذ على استقامة خطي ه ا ه ب، فصار منه خط ه ا وخط ه ب. وليكن ⟨خط⟩ او مساويًا لخط اه وخطُ ب ز مساويًا لخط ب ه. ولنتوهم خط اب قد خرج على استقامة في جهتي ا ب، ولنتعلم عليه في جهة ا علامة كـ وفي جهة ب علامة ل، ولنتوهم شعاع ه ا منعكسًا على خط ا جـ وشعاعَ ه ب منعكسًا على خط ب د. فظاهر أن زاوية ه ا ب التي يحيط بها الشعاع المنبث من العين مع المرآة مساوية لزاوية كـ ا جـ التي يحيط بها الشعاع المنعكس مع السطح الذي عنه انعكس.

3 صور: صورا / وإن: فان - 9 السطح في: في السطح - 19 نقطة: نقط - 20 التي عليها: الذي عليه - 26 ا جـ: ا ح جـ - 28 كـ ا جـ: ط كـ ا جـ.

وكذلك تكون أيضًا زاوية ا ب ه التي يحيط بها الشعاع المنبث من العين مع المرآة مساوية لزاوية د ب ل التي يحيط ‹بها› الشعاع المنعكس عن المرآة مع سطح المرآة إذا أخرج على استقامة. وإذا أخرجنا خطي جـ ا د ب على استقامة حتى يلتقيا على نقطة م، وأخرجنا عليها خطًا موازيًا لخط جـ د، لقي نقطتي و ز وصار مساويًا لخط جـ د؛ فيكون الوجه الذي يُرى في المرآة على جـ د بزاوية ا ه ب ‹و›يُرى من عين المرآة بزاوية جـ م د على خط جـ د؛ ويرى أيضًا بزاوية ا ه ب بعينها على خط و ز. والخطان متساويان، أعني خط جـ د وخط و ز، والزاويتان متساويتان، أعني زاوية و ه ز وزاوية جـ م د. فالوجه إذاً يُرى في مرآة ا ب المستوية السطح في المقدار الذي يُرى به بغير مرآة، لا زائداً عليه ولا ناقصًا عنه، إذا كان بعده عن البصر مثل بعد المرآة عن الوجه.

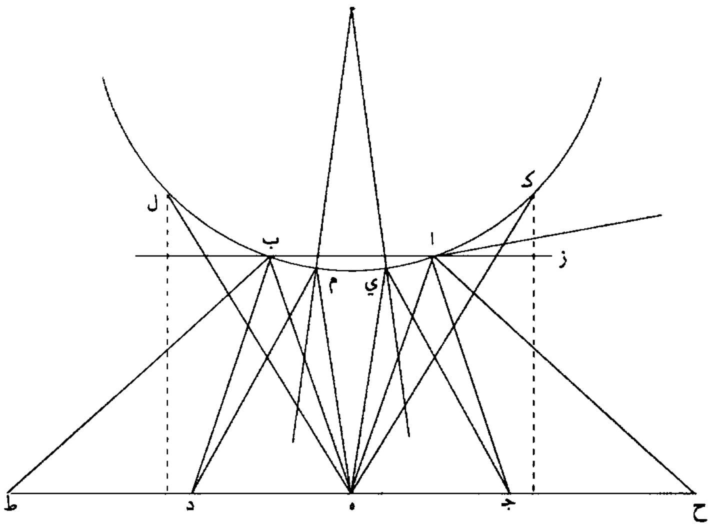


– كجـ – لأية علة تُرى صورة الوجه في المرآة المقببة في / أصغر من مقدارها الحقيقي؟ ٨٥-ظ

لما كانت المرآة تعكس الشعاع البصري على الوجه المبصر فيها على زوايا متساوية كما بينا فيما تقدم، وكانت صورة الوجه ترى في المرآة بزاوية الشعاع الذي يخرج من البصر إليها، وكان الشعاع إذا لقي البسيط المقبب انعكس عنه على زاوية أضيق من الزاوية التي ينعكس عليها إذا انعكس عن البسيط المسطح الصقيل، وجب ضرورة أن ترى صورة الوجه في المرآة المقببة تقبيبًا كريًا في أصغر من الصورة التي ترى فيها في المرآة

1 وكذلك: ولذلك – 4 يلتقيا: يلتقيان – 13 مقدارها: مقداره.

المستوية السطح، لأن الشعاع البصري ينعكس عنها متسعًا، فيكون الشعاع الذي يلقى المرآة ‹المقببة› يحيط معها بزاوية أصغر من الزاوية التي يحيط بها مع المرآة المستوية الوجه. ولذلك أيضًا يحيط في انعكاسه عن المرآة المقببة مع بسيط المرآة بزاوية أصغر من الزاوية التي يحيط بها إذا انعكس عن المرآة المسطحة مع سطحها. فيكون الشعاع المنعكس منتشراً فيقع على أكثر من مسافة الوجه، فتكون زاوية الشعاع الذي يبصر به الوجه في المرآة المقببة أصغر من الزاوية التي يرى بها الوجه في المرآة المستوية السطح. وذلك يتبين بالخطوط الهندسية بيانًا واضحًا.



لهذا العمل، نتوهم مرآة مسطحة عليها ا ب والبصر على نقطة ه والوجه المبصر على خط جـ د. والشعاع البصري يخرج من البصر إلى المرآة المستوية التي على خط ا ب في صورة مخروط ا ه ب، وينعكس على المرآة إلى الوجه المبصر بين خطي ا جـ ب د، ويُرى الوجه الذي على خط جـ د بزاوية ا ه ب في صورته الحقيقية التي يُرى بها بغير مرآة كما بينا في الباب الذي قبل هذا.

7 المقببة: المسطحة – 12 جـ د: حـ ب / ا ه ب: ا ه جـ – 13 بها: ففيها.

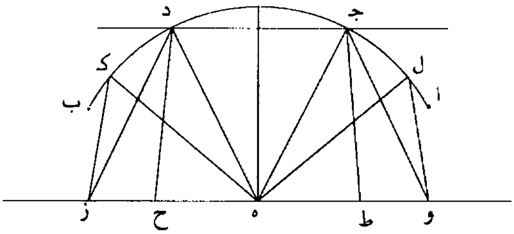
ولنتوهم أيضًا مرآة مقببة تقبيبًا كريًا على خط ا ب، وليكن تقببها قوس كـ ا ب ل، وهي قوس مسطرتها التي يُقَوم بها بسيطها المقبب. وليكن الشعاع المنبث إليها من البصر مخروط ا ه ب. فظاهر أنه يلقى البسيط المقبب على زاوية ه ا ي التي يحيط بها شعاع ا ه وقوس ا ي. وزاوية ه ا ي أصغر من زاوية ه ا ب، فشعاع ه ا إذن ينعكس على مرآة كـ ا ب ل على زاوية أصغر من زاوية جـ ا ز التي انعكس عليها عند انعكاسه عن المرآة المستوية، لأنه ينعكس على زاوية مساوية لزاوية ه ا ي. فالشعاع إذن / المنعكس من مرآة كـ ا ب ل المقببة يقع خارج علامة جـ؛ فلينعكس على زاوية ٨٦-و ح ا كـ، ولينعكس أيضًا شعاع ه ب على زاوية أصغر من زاوية د ب و وهي زاوية ل ب ط. فيرى في مرآة ا ي م ب المقببة بزاوية ا ه ب مسافة ح ه د ط. وهذه المسافة أعظم من مقدار الوجه الذي فرضناه على جـ د. فإذاً الوجه الذي على جـ د – الذي كان يرى في المرآة المستوية بزاوية ا ه ب – ‹يُرى› في مرآة ا ي م ب المقببة بزاوية أصغر من زاوية ا ه ب مثل زاوية ي ه م. فالشعاع الذي ينبعث من البصر الذي على ه بين خطي ه ي ه م ينعكس على خطي ي جـ م د. وقد كنا بينا أن المبصرات التي تُرى بزاوية أصغر ترى أصغر، فالوجه إذن – الذي على جـ د – يرى في مرآة ا ب المستوية في صورة أعظم من الصورة التي يرى بها في مرآة ا ي ب المقببة. ولكن صورة الوجه ترى في المرآة المستوية السطح في مقدارها الحقيقي، فصورة الوجه إذاً ترى في المرآة المقببة في أصغر من مقدارها الحقيقي.

– كد – لأية علة ترى صورة الوجه في المرآة المقعرة في أعظم من مقدارها الحقيقي؟

صورة الوجه تُرى في المرآة المقعرة تقعيراً كرياً في أعظم من مقدارها الحقيقي، لأن الشعاع الذي يُبصر به الوجه فيها يحيط بزاوية أعظم من الزاوية التي يُرى بها الوجه في صورته الحقيقية. والزاوية التي يرى بها الوجه في صورته الحقيقية هي التي يُرى بها في المرآة المسطحة تسطيحًا مستويًا.

7 ه ا ي: حـ ا ي – 8 كـ ا ب ل: ا ى ر ب – 9 ح ا كـ: ا حـ ب / ه ب: ر د – 10 ح ه د ط: ح ه ر ط – 11 جـ د: جـ ه – 12 جـ د: جـ ه / ا ه ب: ا ه ز – 14 ينبعث: يأخذ قسطا في مثل هذا الموضع بفعل «ينبث» (انظر أيضًا الكندي ص 163 وما بعدها)، ربما اشتبه الأمر على الناسخ في هذا الموضع وفي موضعين آخرين / ينعكس: وينعكس – وقد كنا: وقد كما قد.

فنحتاج أن نبين أن الزاوية التي يرى بها الوجه في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا أعظم من الزاوية التي يرى بها في المرآة المسطحة تسطيحًا مستويًا، وذلك يُبين بهذا العمل.



نتوهم مرآة مقعرة تقعيراً كريًا عليها آ ب، وقوس ا ب المسطرة التي يقوم بها وجه المرآة، وهي قوس من نصف الدائرة التي يحدث عنها البسيط الكري، وليكن البصر على نقطة ه. ولنتوهم مرآة مستوية السطح على خط جـ د، ولنخرج من البصر الذي على ه شعاعًا بصريًا يلقى المرآة المستوية التي على خط جـ د في صورة / مخروط يحيط به ضلعا ه جـ ه د. وليكن الوجه ٨٦-ظ المبصر في المرآة على خط و ز، ولينعكس الشعاع البصري عن مرآة جـ د المستوية على زوايا متساوية، وليكن انعكاسه على خطي جـ و د ز، فيرى الوجه بزاوية جـ ه د، والشعاعُ الذي ينعكس عليه وهو الشعاع الذي تحيط به خطوط و جـ جـ د د ز. وقد كنا بينا فيما تقدم أن الشعاع ينعكس على زوايا متساوية، أعني أن الزاوية التي يحيط بها الشعاع المنبث من البصر مع سطح المرآة مساوية للزاوية التي تحيط بها المرآة مع الشعاع المنعكس. والزاوية التي يحيط بها الشعاع المنبث من البصر مع سطح المرآة المقعرة – وهي الزاوية التي يحيط بها خط ه جـ مع قوس جـ د – هي أعظم من زاوية ه جـ د التي يحيط بها الشعاع المنبث مع سطح المرآة المستوية. والشعاع المنبث إلى المرآة المقعرة إذاً يحتاج أن ينعكس على زاوية أعظم من الزاوية التي انعكس عنها الشعاع المنعكس عن المرآة المسطحة، أعني زاوية مساوية للزاوية التي يحيط بها خط ه جـ مع قوس جـ د، ولتكن هذه الزاوية ⟨هي الزاوية⟩ التي يحيط بها قوس ا جـ مع خط جـ ط، فنقطة ط إذاً تقع بين

2 بها: كتب بعدها «الوجه»، ثم ضرب عليها بالقلم – 11 جـ ه د: جـ د ه – 13 المنبث: المثلث – 16 هي (الثانية): وهي – 17 ه جـ د: جـ د.

نقطتي و ه. وكذلك أيضاً في الجهة الأخرى ينعكس شعاع ه د على خط يقع بين خطي ه د د ز مثل خط د ح، وتكون نقطة ح تقع بين نقطتي ه ز. فيكون البعد الذي ‹يرى› في مرآة ا جـ د ب المقعرة بزاوية جـ ه د بُعْدَ ط ح، وهو أقلّ من بعد و ز الذي فرضنا الوجه المبصر في المرآة المقعرة عليه؛ فيكون ما يرى في المرآة المقعرة بالزاوية التي يرى بها الوجه كله في المرآة المستوية بعض الوجه الذي على و ز. ولأنْ يرى الوجه كله في المرآة المقعرة يحتاج أن يخرج إليها من البصر [على] شعاع يحيط بزاوية أعظم من الزاوية التي يحيط بها الشعاع الذي خرج من ‹البصر إلى› المرآة المستوية السطح – مثل زاوية ل ه ك – حتى ينعكس شعاع ه ل على ل و وشعاع ه ك ‹على ك ز›؛ فيرى الوجه الذي على و ز في مرآة ا ب المقعرة / بزاوية أعظم من ٨٧-و الزاوية التي كان يرى بها في المستوية. وكنا بينا فيما تقدم أن الوجه يرى في المرآة المستوية في صورته الحقيقية التي يرى فيها بغير مرآة. فالوجه إذاً يرى في المرآة المقعرة في صورة أعظم من صورته الحقيقية.

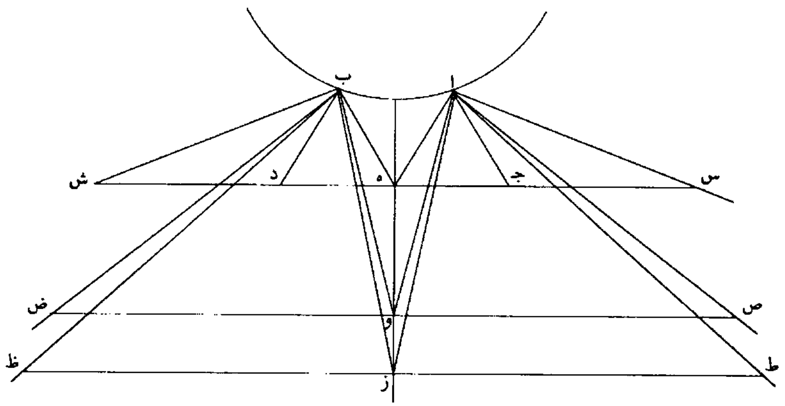
– كه – لأية علة يرى الوجه في المرآة المقببة تقبيباً كرياً متزيد الصغر كلما زاد بعد المرآة عن الوجه، ولا يزال صغره يتزيد إلى ألاّ يرى البتّة؟

العلة التي لها يرى الوجه متزيد الصغر في المرآة المقببة كلما زاد بعدها هي العلة المشتركة لجميع المبصرات التي ترى بغير مرآة إذا زاد بعدها عن البصر. فإن كل مبصر إذا بعد عن البصر رئي في صورة أصغر من الصورة التي يرى فيها إذا كان أقرب إلى البصر، ما لم يكن بينه وبين البصر رطوبة بخارية أو ماء أو غير ذلك من الأشياء التي يُنشر بها الشعاع البصري ويتسع. إلا أن المرآة المقببة إذا بعدت عن الوجه ظهر في صورته من الصغر أكثر مما يظهر في المرآة المستوية. [وذلك إما يلحق المرآة المستوية] وذلك إنما يلحق المرآة المقببة من انتشار الشعاع عند انعكاسه عنها.

ولنجعل لذلك مثالاً خطوطياً نبين به ما قلنا بياناً واضحاً. فنتوهم مرآة مقببة عليها ا ب، وقوس ا ب مسطرتها التي يقوم بها وجهها حتى يُسوّى

9 ه ك: ه ك ر – 15 صغره: صغر – 22 [وذلك ... المستوية]: تبدو هذه الجملة تكراراً مع التحريف لآخر العبارة السابقة وبداية العبارة اللاحقة. ولن يستقيم المعنى ولا اللغة بها؛ فالكلام هنا على خاصية المرآة المقببة لا المرآة المستوية إلا إذا افترضنا نقصاً في النص. ولكن ليس هناك ما يبرر مثل هذا الافتراض.

تقبيبه ويكون كريًا صحيحًا. وليكن البصر على نقطة ه، ولنخرج منها الشعاع البصري إلى مرآة ا ب بين خطي ا ه ب ه، وليكن الوجه المبصر في مرآة ا ب على خط س ش، فشعاع ه ا ينعكس على زاوية مساوية للزاوية التي يحيط بها شعاع ه ا مع قوس ا ب، وليكن انعكاسه على خط ا س، ويكون انعكاس شعاع ه ب على خط ب ش، فيرى الوجه على س ش في مرآة ا ب بزاوية ا ه ب. وننزل أن الوجه الذي كان على س ش بَعُد عن المرآة حتى صار على ص ض وصار البصر على نقطة و. والشعاع البصري الذي يخرج منه إلى مرآة ا ب بين خطي ا و و ب، والشعاع المنعكس عن المرآة الذي يُرى به الوجه على خط ص ض ينعكس على زاوية مساوية لزاوية و ا ب، فليكن انعكاسه على خط ا ص حتى تكون زاوية جـ ا ص مساوية لزاوية ب ا و. وكذلك أيضًا في الجهة الأخرى يكون انعكاس ‹و ب› على ب ض حتى تكون / زاوية د ب ض مساوية لزاوية و ب ا؛ فيكون الوجه ٨٧-ظ
الذي على ص ض يُرى في مرآة ا ب بزاوية ا و ب، ولكن زاوية ا و ب أصغر من زاوية ا ه ب، والمبصر الذي يرى بزاوية أصغر يرى أصغر. والوجه الذي على ص ض يرى في صورة أصغر من الصورة التي كان يرى فيها لما كان على س ش. وكذلك أيضًا إن باعدنا الوجه من مرآة ا ب بعداً أكثرَ حتى نجعله على ط ظ ويكون البصر على ز والشعاع البصري بين خطي ا ز ز ب، ‹يرى



2 ا ه: ا ب – 3 زاوية: زوايا – 6 ا ه ب: ه ا ب – 7 البصر: البعض – 11 ب ا و: ب ا ه / وكذلك: ولذلك – 12 ب ض: ر ص / د ب ض: ط ب ض – 16 وكذلك: ولذلك – 17 ز ب: د ب.

الوجه› في صورة أصغر من الصورة التي كان يرى بها لما كان على ص ض، لأن الشعاع ز ا ينعكس على ا ط وتنقص زاوية ا ز ب عن زاوية ا و ب نقصانًا كثيراً. وكذلك لا تزال الزاوية التي يرى بها الوجه في مرآة ا ب تزداد صغراً حتى تضيق جداً فلا يرى الوجه في مرآة ا ب البتّة. ولما كان الوجه في كل وضع يوضع من إبعاده عن المرآة يرى في صورة أصغر من الصورة التي يُرى بها في المرآة المستوية، كان أحرى بأن تخفى صورة الوجه فيها قبل خَفْيتها في المرآة المستوية.

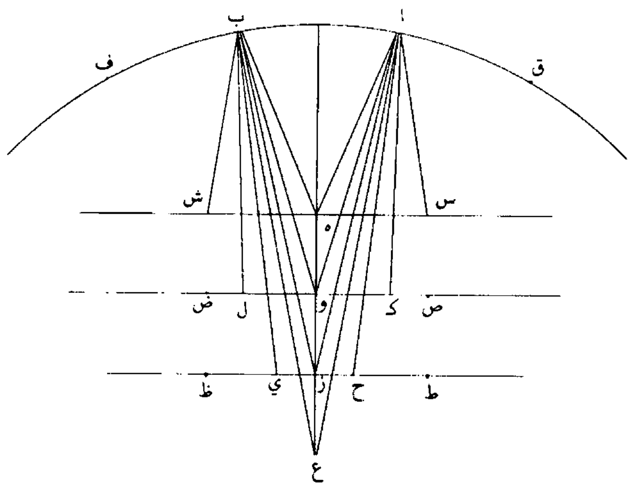
– كو – لأية علة يُرى الوجه في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا متزيد العظم؟ ‹و›كلما بعدت المرآة عن الوجه يتزيد عظمه إلى بعد ما محدود؟ ‹و›كم ذلك البعد؟

العلة التي يُرى بها الوجه في المرآة المقعرة متزيد العظم كلما بعدت عن الوجه هي العلة التي ذكرناها فيما تقدم عند ذكر العلة التي لها ترى صورة الوجه في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا أعظم مما ترى في المرآة المسطحة تسطيحًا مستويًا، وهي انعكاس الشعاع عن البسيط المقعر مجتمعًا ليس كانبساط المنعكس عن البسيط المقبب ولا كانبساط المنعكس عن البسيط المسطح. وذلك أن الشعاع المنعكس عن البسيط المقعر كلما بعد البصر عنه كان انعكاسه أكثر اجتماعًا حتى يصير إلى حال ينعكس على ذاته ولا يتبين لانعكاسه انبساط البتّة؛ ونحن مثبتون ذلك بشكل خطوطي يظهر فيه / ما ٨٨-و قلنا ظهوراً بينًا.

فلنتوهم مرآة مقعرة تقعيراً كريًا عليها ق ا ب ‹ف›، ولتكن هذه القوس من الدائرة التي حدث عنها بسيط كرتها وبها قوم وجهها حتى صار قطعة من بسيط كري، وليكن البصر على نقطة ه والوجه المبصر في المرآة على خط س ش، وليكن مركز الكرة التي مرآة ا ب قطعة من بسيطها نقطة ع، ولنفرض بين نقطة ع وبين قوس ا ب نقطًا على سمت واحد كم شئنا وهي نقط ه و ز، ولنخرج عليها خطوطًا متوازية ‹و›موازية لخط س ش، وهي خط ص ض وخط ط ظ وكل واحد منها مساوٍ لخط س ش. فتكون نقط ه و ز مواضع البصر، وتكون خطوط س ش ص ض ط ظ أوضاعًا للوجه المبصر

2 ز ا: ب ا / ا ط: ر ط – 3 وكذلك: ولذلك – 11 بعدت: بعد – 16 المقعر: المقبب – 26 خط (الأولى): خطوط.

في مرآة ا ب. وليكن الشعاع المخرج من البصر – الذي على ه – إلى مرآة ا ب بين خطي ا ه ه ب، والشعاعُ المخرج من البصر – الذي على و [ه] – بين خطي ا و و ب، والشعاعُ المخرج من البصر – الذي على ز – بين خطي ا ز ز ب؛ فيكون البصر الذي على ه يرى مرآة ا ب بزاوية ا ه ب، والبصرُ الذي على و يرى مرآة ا ب بزاوية ا و ب، والبصر الذي على ز يرى مرآة ا ب بزاوية ا ز ب. وليكن الشعاع الذي على ه ا ينعكس عن مرآة ا ب على زاوية مساوية ⟨لزاوية⟩ ه ا ب، فلينعكس على خط ا س، والشعاع الذي على و ا ينعكس على زاوية مساوية لزاوية و ا ب؛ وزاوية و ا ب أعظم من زاوية ه ا ب، فهو إذاً ينعكس على زاوية أعظم من زاوية ق ا س، فلينعكس على زاوية ق ا كـ؛ فلتكن زاوية ق ا كـ مساوية لزاوية و ا ب، فتقع نقطة كـ بين نقطتي ص و. فتكون زاوية و ا كـ أضيق من زاوية و ا س. وكذلك أيضاً من الجهة الأخرى تكون زاوية و ب ل أضيق من زاوية و ب ش، فيكون المبصر في مرآة ا ب من الوجه الذي على ص ض مقدار كـ ل، فيرى بزاوية ا و ب بعض الوجه الذي على كـ ل. وكذلك أيضاً ينقص ما يرى من الوجه إذا كان على خط ط ظ لكون الشعاع المنعكس عليه بين خطي ا ح ي ب لكون زاوية ق ا ح مساوية لزاوية ف ب ي. ولا يزال الانعكاس حتى يصير البصر على



5-4 والبصر (الثانية)... ا و ب: مكررة – 8-9 وزاوية و ا ب ... على زاوية: «وزاوية و ا ب وزاوية و ا ب اعظم من زاوية ه ا ب فهو اذا انعكس على زاوية مساوية لزاوية و ا ب» وهذا تكرار مع الخطأ – 9 ق ا س: و ا س – 10 ق ا ك (الأولى والثانية): و ا ك – 11 و: ف / وكذلك: ولذلك – 12 و ب ل: و ن ل / و ب ش: و ر س – 14 وكذلك: ولذلك – 15 لكون (الأولى): يكون – 16 ف ب ي: ق ب ي.

نقطة عَ. فإذا صار على نقطة عَ / صار انعكاسه على ذاته، لأن خط آ ع ٨٨-ظ نصف قطر وزاوية ق ا ع مساوية لزاوية ع ا ب. وكذلك زاوية ع ب ا مساوية لزاوية ع ب ف وينعكس الشعاع على ذاته، وعند ذلك ينقطع البصر. ولهذه العلة صار انقطاع البصر في المرآة المقعرة ⟨و⟩يتزيّد عظم ما يرى من الوجه. وانقطاع البصر في المرآة: وذلك أن الزوايا التي تحدث من الشعاع ⟨وبسيط المرآة⟩ ما كان منها أبعد عن القطر كان أضيق وما كان منها أقرب إليه كان أعظم ولا يزال عظيماً؛ وإذا قربت من القطر تتزيد حتى تكون الزاويتان اللتان عن جنبتيه متساويتين، فتكون زاوية الشعاع ⟨هي⟩ المساوية لزاوية الانعكاس لا زاوية بينهما، فينعكس الشعاع على ذاته.

فتبين أن المبصرات في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا لا تزال عظيمة تتزيد كلما بعد ⟨البصر⟩ عن المرآة إلى أن يصير البصر على مركز كرة بسيط المرآة.

– كزَ – لأية علة لا يرى الوجه في المرآة المقببة بَعْد انقطاع رؤيته فيها لصغره، ويرى في المرآة المقعرة تقعيراً كريًا بَعْد انقطاع رؤيته فيها لعظمه؟

المرآة المقببة تقبيبًا كريًا تعكس الشعاع المنبعث عنها بَسْطًا منتشراً كما بينا فيما تقدم؛ فتكون الزاوية التي يبصر بها الوجه متزيدة الصغر كلما بعدت المرآة عن الوجه حتى تضيق. فتصير في صورة خط لا عرض له، ولا يدرك الوجه المقابل لها، لأن زاوية الشعاع عند ذلك تتسع وينتشر انتشاراً كثيراً حتى يكون الذي يقع من الشعاع على الوجه إذا قيس إلى عظم زاوية الانعكاس لا قدر له عندها، فعند ذلك لا يُرى الوجه في المرآة المقببة. فإن بوعدت عن الوجه أكثر من ذلك البعد، لم يمكن أن تتسع تلك الزاوية التي ضاقت حتى صارت في صورة الخط الذي لا عرض له، بل يزداد صغرها دائمًا وتزداد زاوية الانعكاس اتساعًا، ولا يوجد سبيل إلى أن يرى الوجه فيها إذا كانت الزاوية تزداد صغراً دائمًا، وكذلك زاوية الشعاع الواقع على الوجه تزداد صغراً عند زاوية الانعكاس. /

وأما المرآة المقعرة تقعيراً كريًا، فإن الشعاع الذي ينبعث إليها، إن ٨٩-و كانت زاويته تزداد صغراً دائمًا وزوايا انعكاسه تزداد عظمًا دائمًا، فإن الشعاع المنعكس يزداد نقصًا ودقة حتى ينعكس الشعاع على ذاته؛ فلا رأى من ⟨الوجه⟩ البصرُ شيئًا البتّة.

1 على نقطة عَ: مكررة – 3 ع ب ف: ع ب – 7 وإذا: اذا – 9 لا: لان – 14 لعظمه: العظيمة – 17 فتصير: فيصير – 26 إن: وان – 28 رأى: هكذا كتبت «باص».

فإن بوعدت المرآة عن الوجه أكثر من ذلك البعد، كان الانعكاس إلى الجهة الأخرى المخالفة للجهة التي كان أوّلاً فيها، ثم تبدأ زاوية الانعكاس في التزيّد على مثل ما كانت عليه أوّلاً، وكلما زادت زاوية الانعكاس عظماً، زاد الشعاع اتّساعًا وقلّ بعد الوجه عن البعد الذي يقع عليه الشعاع المنعكس، فتصير زاوية الشعاع الذي يقع على الوجه عند زاوية الشعاع المنعكس ‹صغيرة› جداً حتى لا يرى الوجه البتة؛ ويكون حكم زاوية انعكاسه في العظم مثله في الانعكاس الذي يكون عن المرآة المقببة، وحكم زاوية الشعاع الذي يقع على الوجه في الصغر مثل حكم صغر زاوية الشعاع الذي ينعكس عن الوجه في المرآة المقببة حتى لا يرى الوجه البتة.

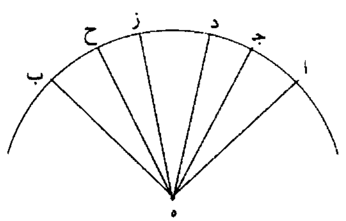
وسنبين هذا القول بيانًا واضحًا بأشكال خطوطية في الأبواب التي نأتي بها فيما بعد - إن شاء الله تعالى.

- كح - لأية علة لا يرى الوجه في بعض المرايا إذا صار على بعد من الأبعاد محدود، في أي مرآة يكون ذلك وعلى أي بعد ؟

كل مرآة مقعرة تقعيراً كريًا إذا وضع الناظر على مركزها لم ير فيها شيئًا البتة، لأن الشعاع المنبث من البصر في هذا الوضع ينعكس على ذاته. فلا يلقى شيئًا غير النقطة التي انعكس منها؛ وذلك يتبين بيانًا واضحًا بما أصف.

لنتوهم مرآة مقعرة تقعيراً كريًا عليها آ ب؛ ولتكن قوس آ ب مسطرتها التي تقوم بها، وهي قوس من نصف الدائرة التي حدث عن دورانها بسيط كرتها. وليكن مركز الكرة ه والبصر عليها. ولنخرج الشعاع البصري من البصر الذي على ه إلى مرآة آ ب بين خطي آ ه ه ب.

فأقول: إن المخروط الشعاعي الذي يخرج من البصر الذي على نقطة ه، فيلقى مرآة آ ب، ينعكس على ذاته، ولا يُرى في مرآة آ ب شيء البتة.



15 شيئًا: شيء - 16 شيئًا: شيء - 19 بسيط: البسيط - 23 مرآة (الثانية): احراه.

برهانه: أنا نخرج من نقطة ه خطوطًا مستقيمة كم شئنا إلى مرآة ا ب، وهي خطوط ه جـ ه د ه ز / ه ح. فظاهر أن هذه الخطوط كلها متساوية لأنها ٨٩-ظ خرجت من مركز ‹ه› إلى محيط دائرة ذلك المركز. وكل واحد منها نصف قطر ويحيط مع محيط الدائرة بزاويتين متساويتين. وقد كنا بينا أن الشعاع ينعكس عن الأجرام الصقيلة على زوايا متساوية. فإذا توهمنا خطوط ه ا ه جـ ه د ه ز ه ح ه ب شعاعات تلقى جرمًا صقيلاً، وهو المرآة التي على ا ب، كان لقاؤها أياه على زوايا متساوية، فهي إذاً تنعكس على ذاتها فهي إذاً تنعكس على نقطة واحدة وهي نقطة ه، فلا يرى في مرآة ا ب شيء غير نقطة ه.

– كط – لأية علة يرى لون المرآة مختلفًا مائلاً تارة إلى اللون الرصاصي وتارة إلى اللون الكحلي، وفي أي مرآة يكون ذلك، وعلى أي بعد يكون ؟

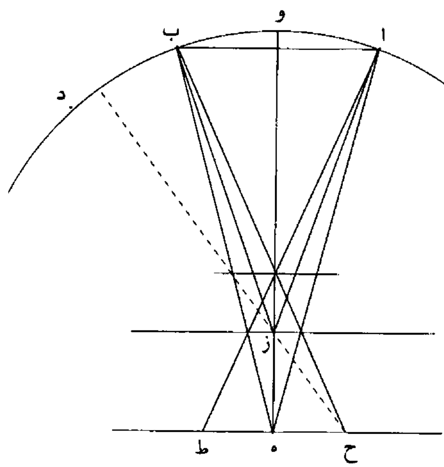
قد بينا في الباب الذي قبل هذا أن الشعاع البصري ينعكس عن المرآة المقعرة تقعيراً كريًا على ذاته إذا كان البصر على مركز كرة بسيطها، فلا يُرى فيها شيء البتة، لأن انعكاس الشعاع عنها ينتهي إلى نقطة واحدة، وتلك النقطة هي نقطة البصر. ولأن العين الباصرة ذات لونين – أحدهما السواد الذي ينفذ منه الشعاع البصري، والآخر البياض الذي صار الشعاع المنعكس يقع عليه – فلسرعة حركة العين، يقع الشعاع تارة على سواد الحدقة وتارة على بياض العين. فإذا وقع على سوادها، حدث للمرآة لون مؤلف من لون جسمها ومن لون الشعاع المنعكس على نفس الحدقة، فيكون عن ذلك لون المرآة بنفسجيًا أو كحليًا أو ما أشبه ذلك من الألوان التي بين لون الحدقة وبين لون المرآة. وإذا وقع الشعاع المنعكس على بياض العين، رئي لون المرآة مركبًا من لون بياض العين ولون المرآة، واللون الذي بين هذين اللونين رصاصي أو فضي أو قريب منهما. فلهذه العلة نرى لون المرآة من هذا البعد الذي هو نصف ‹قطر› كرة بسيطها مختلفًا مائلاً تارة إلى اللون الكحلي أن البنفسجي وتارة إلى اللون الفضي أو الرصاصي.

16 ينفذ منه: مـه ىـعد – 22 المرآة (الأولى): العين – 25 أن: اد.

- لَ - لأية علّة يرى الوجه في بعض / المرايا مقلوباً وفي ‹أي› مرآة ٩٠-و
وعلى أي بعد يرى ذلك؟

المرآة المقعرة تقعيراً كرياً ، إذا كان مركز كرتها بينها وبين البصر ، يرى الوجه فيها مقلوباً ، وذلك أن الشعاع البصري ينعكس عنها في ضدّ الجهة التي ينبعث منها ، فالشعاع الذي انبعث إليها من الجهة اليمنى ينعكس إلى الجهة اليسرى ، وكذلك أيضاً الشعاع الذي ينبعث من الجهة اليسرى ينعكس إلى الجهة اليمنى . وعلى هذا المثال أيضاً يكون انعكاس الشعاع من العلو إلى السفل ومن السفل إلى العلو ، يرى في المرآة اليمين يساراً واليسار يميناً والعلو سفلاً والسفل علواً ، فيرى في المرآة التي وصفنا ، إذا كان وضع الناظر على البعد الذي حددنا ، الوجه مقلوباً .

فلنرسم لذلك شكلاً خطوطياً نبين به ما قلنا بياناً واضحاً .



فنتوهم مرآة مقعرة تقعيراً كرياً على جـ ا ب د ، ومركز كرتها نقطة ز والبصر على نقطة ه ‹وليكن ز بين نقطة ه› وبين قوس ا ب . ونصل ه ز ونخرجه على استقامة حتى يلقى المرآة على و ، فتكون نقطة و مركز المرآة . ولنخرج من نقطة ه شعاعاً بصرياً في صورة مخروط عليه ا ب ، فهذا الشعاع ينعكس عن مرآة ا ب . فإذا أردنا أن نعرف الجهة التي ينعكس إليها حتى يتبين لنا انعكاسه إلى ضدّ الجهة التي انبعث منها ، نصل نقطتي ا ز وبين

1 المرايا : المرآة – 6 وكذلك : ولذلك – 12 ز : د .

نقطتي ز ب بخطي ز ا ز ب. وظاهر أن زاوية و ا ز مساوية لزاوية ز ا جـ، ‹و›زاوية د ب ز مساوية لزاوية ز ب ا، فزاوية جـ ا ه أصغر من زاوية ه ا ب، والشعاع ينعكس على زوايا متساوية كما بينا فيما تقدم، فشعاع ه ا ينعكس على زاوية مساوية لزاوية جـ ا ه، فهو إذاً ينعكس إلى ط حتى تكون الزاوية التي ينعكس عليها مساوية لزاوية جـ ا ه، ولينعكس على زاوية و ا ط. فترى نقطة ط في سمت نقطة ا. وكذلك ينعكس شعاع ه ب على خط ب ح، فترى ح على ‹سمت› ب. ولكن جهة ح ضدّ جهة ب وجهة ط ضدّ جهة ا. فترى المبصرات في مرآة ا ب من الناظر الذي على ه في ضدّ مواضعها، اليمين يساراً واليسار يميناً. وكذلك يعرض أيضًا إن توهمنا هذا الشكل قائمًا حتى يكون خط و ه ثابتًا في مكانه، ‹و›جـ ا ب د قائمة على خط و ه حتى تكون قوس جـ ا و / علواً وقوس و ب د سفلاً، وشعاع ا ه علواً ٩٠-ظ وشعاع ب ه سفلاً، فإن عند ذلك يرى العلو سفلاً والسفل علواً، فيرى الوجه مقلوباً وأجزاؤه المبصرة منه في أضداد مواضعها.

– لآ – لأية علّة يرى الوجه في بعض المرايا مع انقلابه ذا ثلاث أعين وأنفين؟ وفي أي المرايا يرى ذلك وعلى أي بعد يرى؟

قد ذكرنا في الباب الذي قبل هذا العلة التي لها يرى الوجه في المرآة مقلوباً وأن ذلك لانعكاس الشعاع إلى الجهة المضادة للجهة التي انبعث منها وأن ذلك يكون في المرآة المقعرة تقعيراً كرياً، إذا كان وضع الناظر على الخط الذي يجوز على مركز كرتها ويقع على مركزها، أعني أن يكون بعدها عن الناظر أكثر من نصف قطر كرة بسيطها. وبينا أن البصر إذا كان على مركز الكرة، كان انعكاس الشعاع على نفسه فلم ير في المرآة شيء غير الناظر، وأن ما يرى في المرآة من الناظر النقطةُ التي ينعكس عليها الشعاع كلّه. ولأن الناظر يحول حولاً سريعًا، يكون وقوع الشعاع مرة على سواد الناظر ومرة على بياضه، فيرى صورة المرآة مختلفة للأسباب التي ذكرناها في الباب الذي تقدّم. ومن هنالك تبيّن العلّة التي لها نرى في المرآة ثلاث أعين، اثنين في موضعيهما وثالثة بينهما.

1 ز: و / ز ب: و ب – 2 د ب ز: ز ب / ز ب ا: ر ب / جـ ا ه: ا جـ – 3 ه ا ب: ا / والشعاع: فالشعاع – 4 جـ ا ه: جـ ا د / ط: ه ط جـ – 5 جـ ا ه: جـ ا د – 6 و ا ط: ر ل ط / وكذلك: ولذلك – 9 وكذلك: ولذلك – 10 جـ ا ب د: ح ا و ب د – 12 ب ه: د ه – 17 انبعث: انبعثت، وهذا جائز لأن المقصود بالشعاع «الحزمة الشعاعية» – 21 ير: يرى.

فإن ذلك لأن الشعاع المنعكس عن المرآة المقعرة، إذا كان البصر الذي ينبعث الشعاع عنه قريبًا من وضعه من المركز، كان انعكاسه على زوايا واسعة، جداً، وكلما اتسعت زوايا الانعكاس ضاق الشعاع، ولا تزال زوايا الانعكاس تتسع والشعاع المنعكس يضيق حتى تبطل زوايا الانعكاس البتة وينعكس الشعاع على ذاته، ويبطل البعد الذي كان الشعاع ينعكس عليه، فيصير انعكاسه على الناظر نفسه كما بيّنا فيما تقدّم. فإذا قرب وضع الناظر من مركز كرة المرآة، كان انعكاس الشعاع على بُعد يسير؛ فليصغر بعد مسافة انعكاسه. وحولان الناظر يعرض فيه ما قلنا فيما تقدم أنه يعرض من تفرقة الشعاع. ووقوع شعاع كل واحدة من العينين على المبصر الواحد بعينه؛ فإذا وقع على مسافة 〈تشمل〉 العينين جميعًا شعاع من كل واحدة من العينين، رئي للوجه الواحد أربع أعين وأنفان ورئيت أجزاء الوجه جميعًا مضعفة؛ فإذا وقع / الافتراق يسيراً لم يشتمل العينين جميعًا، فتقع الشعاعات من كل ٩١-و واحدة من العينين على نصفها؛ فإذا اجتمعا النصفان، كان منهما عين ثالثة بين العينين، ويرى الأنف غليظًا زائداً في ثخنه لا في طوله. فإذا بوعدت المرآة عن الناظر أكثر من ذلك البعد قليلاً تفرق الشعاع تفرقة أكثر وانعكس على كل واحدة من العينين شعاعان اثنان، فرئي للوجه أربع أعين وأنفان. وكذلك يعرض إذا بعد الناظر عن المركز بعداً يسيراً حتى يرى الوجه مقلوبًا، فإنه في أوّل بعد يرى له ثلاث أعين وأنفان. 〈ومن هنالك تبين〉 العلّة التي يُرى لها الوجه 〈من〉 قبل الناظر على مركز بسيط المرآة 〈ذا〉 ثلاث أعين وأنف كبير، ثم أربع أعين وأنفان، إلا أن ذلك يُرى والوجه مستوي الوضع وهذا يرى مع انقلاب الوجه.

– لب – لأية علّة يرى الوجه في المرآة مقلوبًا ذا عينين ولا يزال صغره يزداد كلما بعدت المرآة عن الوجه حتى لا يرى البتّة؟

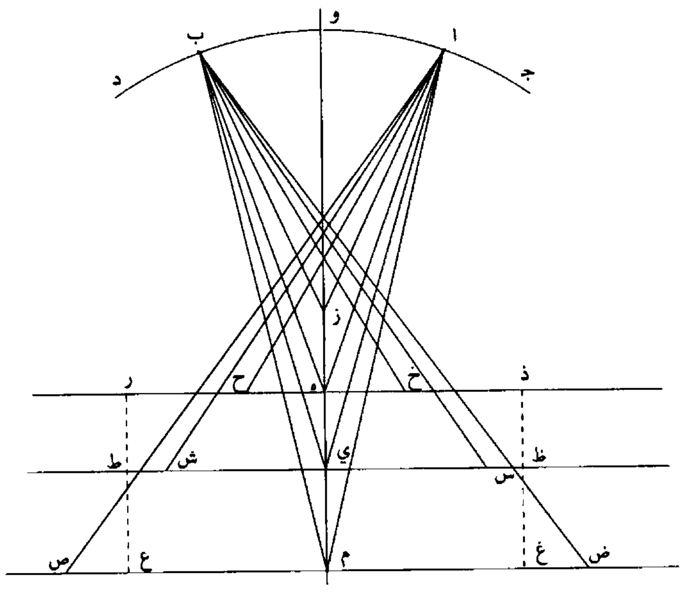
إذا كان بعد البصر عن المرآة أكثر من نصف قطر كرة بسيطها، رئي في المرآة مقلوبًا. فإن كان قريبًا من مركز الكرة قربًا شديداً، رئي الوجه فيها مع انقلابه ذا ثلاث أعين وأنفين؛ فإن كان بعده عن المركز بعداً كبيراً، رئي الوجه مقلوبًا ذا عينين، وكلما زاد بعد البصر عن مركز الكرة، زاد صغر الوجه، ولا يزال الوجه يصغر دائمًا مع انقلابه حتى لا يرى البتّة. وعلّة ذلك

1 لأن: أثبتها في الهامش – 11 أربع: اربعه / وأنفان: وانعمن / ورئيت: وراى – 13 اجتمعا: اجتمعت – 16 اثنان: بابان – 17 وكذلك: ولذلك.

هي التي ذكرناها فيما تقدّم، أعني أن الشعاع المنعكس عن المرآة ينعكس في ضد الجهة التي يلقى المرآة عليها، ويكون انتشاره واتّساعه متزيداً حتى يصغر مقدار الوجه عند انتشار الشعاع، فيصير من الصغر مما لا يدركه البصر.

ولنرسم لذلك مثالاً خطوطيًا يتبيّن به ما قلنا بيانًا حسيًا.

فلنتوهم مرآة مقعرة عليها ا ب وتقعيرها كري، ومركز كرتها نقطة ز وليكن البصر أبعد عن المرآة من مركز كرتها الذي فرض نقطة ز، وليكن وضعه على نقطة ه، وليكن الوجه على خط ر ذ والشعاع المخرج من البصر الذي على ه إلى مرآة ا ب شعاع ه ب ه ا. ‹و›ليخرج من نقطة ز شعاعان ا ز وز ب. فظاهر أن زاوية ه ب د أصغر من زاوية ز ب ا. وقد كان تبين أن الشعاع ينعكس على زوايا متساوية، فشعاع ب ه ينعكس على زاوية مساوية لزاوية د ب ه فهو إذن ينعكس على زاوية أصغر من زاوية /



3 مما: فيما – 6 لا يفرق الناسخ بين الحروف التالية: ر، ز؛ ط، ظ؛ ع، غ؛ س، ش؛ د، و؛ ص، ض؛ خ، ح؛ د، ب؛ وقد صححناها ولن نثبتها في الهامش / ز: ص – 7 مركز: مركزها / ز: ص – 8 ر ذ: و ر – 9 ه ب ه ا: ه د ه و ر / ز: ص – 10 ا ز وز ب: إلى جـ وإلى ه / ه ب د: ه د ا / ز ب ا: ص د ا – 11 ب ه: د ه – 12 د ب ه: ا د ه.

ا ب ز، فلينعكس على زاوية ا ب خ، وشعاع ه ا ينعكس على زاوية ب ا ح، ٩١-ظ فيكون البعد الذي يرى في المرآة بعد ح خ، فيرى بعد ح ه بشعاع ه و ه ا في جهة ا و ويرى بعد ه خ بشعاع ه و ه ب في جهة و ب، فيرى الوجه الذي على ح خ بزاوية ب ه ا مقلوبًا بالشعاع الذي بين خطي ب خ ا ح.

وأيضًا فلننزل أن البصر قد انتقل من نقطة ه فصار على نقطة ي، والوجه على خط ط ظ. ونخرج من نقطة ي شعاع ي ب ي ا، فتكون زاوية د ب ي أصغر من زاوية ه ب د، فينعكس شعاع ي ب على زاوية أصغر من زاوية ا ب خ. فليكن انعكاسه على زاوية ا ب س وانعكاس شعاع ي ا على زاوية ب ا ش، فبُصر الوجه بزاوية ب ي ا وبالشعاع الذي بين خطي ب س ا ش. فيكون س ش عند ط ظ أعظم نسبة من نسبة ح خ إلى ر ذ، فيرى ط ظ أصغر كثيراً من ر ذ.

وأيضًا ننزل أن البصر الذي كان على ي قد انتقل حتى صار على م، وصار الوجه الذي يبصر في المرآة على ع غ، والشعاع الباصر يخرج من البصر الذي على م إلى مرآة ا ب على خطي م ا م ب وينعكس على خطي ا ص ب ض، فيكون البعد الذي يقع عليه الشعاع المنعكس وهو ص ض أعظم من البعد الذي يقع عليه الشعاع المنعكس إذا كان البصر على ي وهو س ش، فتكون نسبة ص ض إلى ع غ أعظم من نسبة س ش إلى ط ظ، فيكون قدر ع غ عند ص ض أصغر من قدر ط ظ عند س ش. وكذلك لا يزال زاوية البصر تصغر ونسبة الوجه إلى البعد الذي يقع عليه الشعاع المنعكس من المرآة يصغر حتى لا يكون لها عندها قدر محسوس، فلا يرى الوجه في المرآة. ولأن الشعاع لا يزال ينعكس إلى ضدّ جهة انبعاثه، يرى الوجه في هذه الأوضاع كلها مقلوبًا ولا يزال يرى مقلوبًا ذا عينين حتى يخفى عن البصر ولا يرى البتّة.

1 ا ب ز: ح ص / ا ب خ: ح د ط / ه ا: ص و / ب ا ح: ب و ح – 2 ح خ: ح ط / ه و ه ا: ه د ح – 3 ا و: ح و / ه خ: ط / ه و ه ب: ه ى ط – 4 ح خ: ح ط / ب ه ا: د ه و / ا ح: ب ح – 6 ي ا: ي و / د ب ي: ا د ي – 7 ه ب د: ا ه د – 8 ا ب خ: د ط / ا ب س: ي ر س / ي ا: ي – 9 ب ا ش: ي و س / ب ي ا: د ي و / ب س ا ش: و س د س – 10 فيكون: وليكن – 14 م ا م ب: م د م و – 15 ا ص ب ض: د ص و ص – 16 ي: ي و – 19 الوجه: الواحد – 21 انبعاثه: ربما كانت في الأصل انبثاثه.

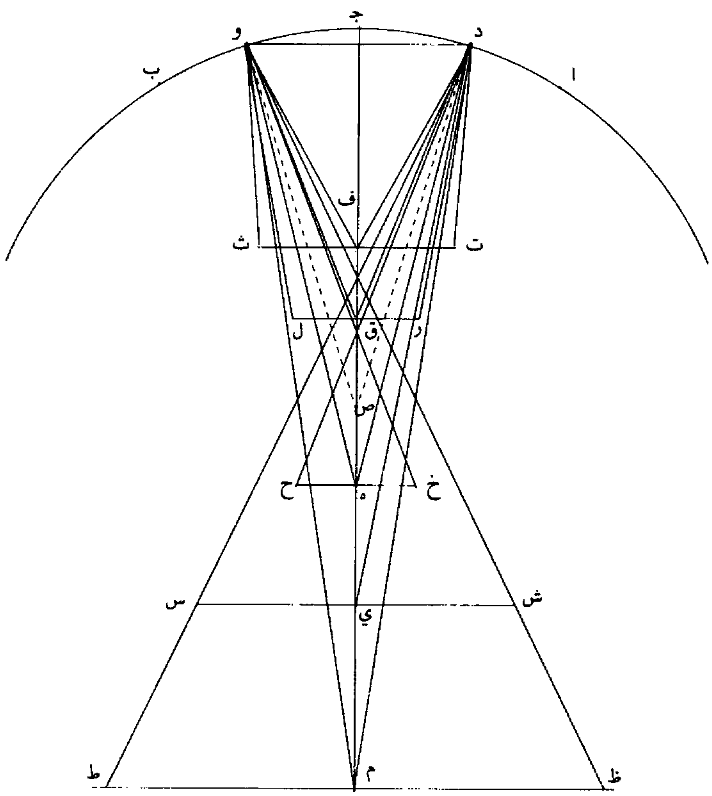
– جـ – لأية علّة اجتمعت هذه المعاني في المرآة التي اتخذتها لسيدي الأمير، وكيف / يتبيّن منها كل الأصناف التي ذكرناها منها في اختلاف ٩٢-و المناظر؟

وجه المرآة التي اتخذتها لسيدي الأمير، الذي ترى فيه الصور المختلفة التي ذكرناها في صدر هذا الكتاب، ‹هو وجه مرآة› مقعرة تقعيراً كرياً وقطر كرتها مقدار ثلاث أذرع؛ فيكون مركز كرة بسيط المرآة بعده عن مركز المرآة ستًا وثلاثين إصبعاً. فالبصر إذا كان بين هذا المركز، أعني مركز الكرة، وبين المرآة يرى الوجه فيها مستوياً في صورة مختلفة المقدار والعدد؛ إلا أنه في جميع ذلك البعد يرى مستوي الخلقة. وإذا جعل وضع البصر أبعد عن المرآة من مركز بسيطها حتى يكون بعده عنها أكثر من ست وثلاثين إصبعًا، رئي الوجه فيها مقلوبًا، فلا يرى الوجه ‹ولا› يرى في المرآة مستوياً. ‹و›إذا كان البصر على البعد الذي بين المرآة وبين مركز كرة بسيطها، وهو ست وثلاثون إصبعًا، ‹فلا يرى الوجه›. فإذا جاز البصر هذا البعد، رئي الوجه في المرآة مقلوباً متزيداً في الصغر حتى لا يرى البتّة لصغره. فنصف القطر الذي بين المرآة والمركز يرى الوجه فيه متزيد العظم حتى ينتهي من العظم إلى ألاّ يرى منه إلا نقطة وسط الناظر، فترى تلك النقطة في جميع المرآة مشتملة على بسيطها؛ ثم يبتدأ في الصغر، إذا خرج البصر عن المركز، ولا يزال يرى مقلوباً متزيداً في الصغر حتى لا يرى لصغره. ففي أوّل بعده عن المرآة يرى مستوي الصورة عظيماً؛ فإذا زاد بعده عن المرآة، رئي متزيد العظم حتى يقرب من مركز المرآة، فيرى له ثلاث أعين؛ فإذا زاد قرباً إلى المركز، رئي له أربع أعين، ثم لا يرى البتة لشمول نقطة البصر على جميع وجه المرآة وذلك إذا صار على المركز؛ فإذا جاز المركز وكان بعده عنه يسيراً، رئي له ثلاث أعين وأنفان ورئي مع ذلك مقلوبًا متزيداً في الصغر حتى يخفى عن البصر البتة.

وعلل جميع هذه المناظر هي العلل التي ذكرناها في الأبواب التي تقدّمت. ولنعد صورة تلك الأشكال مجموعة في رسم واحد لنبين بذلك جميع هذه المعاني في صورة واحدة.

6 كرتها: كرته / ثلاث: ثلاثة.

فلنتوهم مرآة مقعرة تقعيراً ‹كريًا› عليها ا د ﺟ و ب، وقطر كرتها ﺟ م ومركز كرتها نقطة ص؛ وليكن البصر أوّلاً على نقطة ف، والمبصرات على خط ت ث والشعاع المنبث من البصر الذي على ف إلى المرآة شعاع ف د ف و، وانعكاسه على خطي د ت و ث، فيكون المبصر الذي على ت ث يراه البصر الذي على / ف بزاوية د ف و. وقد بينا فيما تقدّم أن المبصرات ٩٢-ظ التي تبصر بزاوية د ف و ترى في المرآة المقعرة في صورة أعظم من الصورة التي ترى فيها في المرآة المستوية البسيط، وأن المبصرات ترى في المرآة المستوية في مقدارها الذي ترى فيه بغير مرآة، فالمبصرات التي ترى بزاوية د ف و ترى في أعظم من مقاديرها الحقيقية؛ ولذلك يرى الوجه بالبصر الذي على ف في أعظم من صورته الحقيقية.



3 قَ: لا يفرق الناسخ بين الحروف التالية: و، ق، ف – 4 خطي: خط – 5 يراه: يرى – 9 ترى: وبرى / مقاديرها: مقدارها.

ولننزل أن البصر قد تباعد عن نقطة ف حتى صار على نقطة ق ‹و›هي بين المركز الذي على ص والبصر الذي كان على ف والمبصرات على خط ر ل وخط ر ل يجوز على نقطة ق، فالشعاع يخرج من نقطة ق إلى مرآة ا ب بين خطي د ق و ق و وينعكس على خطي د ر و ل، فالمبصرات التي على ر ل ترى بزاوية د ق و وبالشعاع الذي بين خطي د ر ‹و ل›؛ وقد بينا فيما تقدم أن المبصرات التي ‹ترى› بزاوية د ف و ترى في صورة أعظم من الصورة التي ترى فيها المبصرات بزاوية د ق و، فالوجه الذي على خط ر ق ل يرى في صورة أعظم من الصورة التي يرى فيها بزاوية د ق و. فقد تبين أن الوجه إذا قرب من مرآة ا ب رئي في صورة أعظم من صورته الحقيقية، وإذا بعدت المرآة عنه بعداً أكثر، رئي الوجه في صورة أعظم من الصورة التي كان يرى فيها أوّلاً. ولننزل أيضًا أن البصر قد بعد عن نقطة ق حتى صار على نقطة ص التي هي مركز بسيط المرآة، فيكون الشعاع الخارج من نقطة ص، التي هي البصر، إلى المرآة على خطي ص د ص و. وقد كنّا بينّا فيما تقدّم أن الشعاع الذي يخرج من مركز بسيط المرآة ينعكس على ذاته لأنه يلقى المرآة على زاويتين متساويتين، ولا يكون لانعكاسه زاوية، فلا يرى الوجه في المرآة البتة. ويرى لون المرآة مختلفًا مائلاً تارة إلى اللون المؤلف من لون المرآة ولون سوداء الحدقة وتارة مائلاً إلى اللون المؤلف من لون المرآة ولون بياض العين. ولأن البصر وضعه على نقطة المركز فلضيق انعكاس الشعاع عليه، ينعكس على الوجه من كل واحدة من العينين شعاع، فيرى في المرآة ثلاث أعين. فإذا قرب إلى المركز قربًا أشدّ، يكون انعكاس الشعاع على الوجه أقوى، فيرى أربع أعين وأنفان وترى سائر أجزاء الوجه مضعفة ويعرض مثل ذلك إذا تجاوز المركز بمقدار يسير فيرى الوجه مضعف الأجزاء، إلا أنه مع تضعيف / أجزائه التي ترى في المرآة يرى مقلوبًا. فإذا بعد البصر عن المركز ٩٣-و بعداً أكثر، رئي مقلوبًا ذا ثلاث أعين وأنفين، للعلّة ‹التي› كان يرى لها قبل وضع البصر على المركز ذا ثلاث أعين وأنفين، ويزداد صغره كما كان أوّلاً ‹ولا› يزداد كبره ولا يزال صغره يزداد ويرى له عينان فقط إلى أن يخفى البتة. وذلك أنا إذا جعلنا البصر على نقطة ه خرج الشعاع منها إلى المرآة

3 وخط ر ل: او خط ولا – 4 ر ل: و لا – 7 ر ق ل: و لا – 8 د ق و: ل ف و – 10 الوجه: اى – 14 مركز: مركزه – 18 لأن: وان – 19 واحدة: واحد – 21 وأنفان: وانفين.

على خطي د ه ه و وانعكس على خطي د ح و خ، فيكون انعكاسه في ضد الجهة التي انبعث 〈منها〉. وإن جعل البصر على نقطة ي حتى يخرج الشعاع إلى المرآة على خطي ي د ي و وينعكس على خطي د س و ش، كانت الزاوية التي ينفذ الشعاع عليها أصغر من زاوية ه وكان انعكاسه أكثر انفراجًا، فيرى 〈الوجه〉 أثر الانقلاب متزيد الصغر. فإن جعل البصر على نقطة م حتى يكون الشعاع الذي يخرج من البصر إلى المرآة بين خطي م د م و وانعكاسه على خطي و ظ د ط رئي بزاوية د م و في صورة أصغر من التي كان يرى بها بزاوية د ي و، لأن الشعاع الذي ينعكس على خطي ط د و ظ أشد انفراجًا من الشعاع الذي انعكس على خطي و ش د س. وعلى هذا المثال لا يزال الوجه يرى في مرآة ا ب متزيد الصغر مقلوبًا بعد نفوذه نقطة المركز التي عليها ص حتى يخفى عن البصر، فلا يرى البتة لصغره.

فقد ظهرت إذن علل جميع 〈الصور〉 التي يرى 〈فيها〉 الوجه في المرآة التي اتخذتها للأمير. ولله ذي الجود والحكمة والحول ولي العدل وواهب العقل الحمد.

7 و ظ د ط: و ص د ص – 8-9 خطي ط د و ظ: خط ص و ص – 14 الحمد: بعدها كلمة قد تقرأ «والصلاة»، ومن الصعب فصل الكلمتين.

الملحق رقم (٣)

ابن عيسى: المرايا المحرقة وانعكاس الضوء

إن كتاب **المناظر والمرايا المحرقة من تأليف أحمد بن عيسى على مذهب إقليدس في علل البصر** لم يكن حتى الآن موضوع تحقيق، لا بأكمله ولا بجزء منه. أما الدراسات التي كرست له، فلا شيء جوهري فيها، وهي تقتصر على بعض المراجعات السريعة. وهذا الكتاب مهم بالتأكيد، لكن قيمته المميزة تعود إلى المصادر التي اقتبس المؤلف منها أكثر مما تعود إلى المؤلف نفسه؛ وذلك أننا وجدنا فيه اقتباسات من كتاب **تقويم الخطأ** ومن كتاب **عظم الأشكال الغائصة في الماء**، كما عثرنا على آثار مؤلف للكندي في المرايا المحرقة، وكذلك على آثار كتاب **في اختلاف مناظر المرآة**، وهذان المؤلفان الأخيران لم يُعثر عليهما حتى الآن، هذا إن لم يكونا مفقودين. لذلك ينبغي هنا تقديم تحقيق لفصل ابن عيسى حيث نعتقد أننا اكتشفنا آثاراً لأعمال الكندي. في هذا الفصل ـ وهذا الواقع سيثير اهتمام المؤرخين ـ يدرس ابن عيسى في آن واحد الخصائص المحرقة للمرايا وكذلك خصائصها في انعكاس الضوء. وقد وضعنا التحقيق النقدي الوارد في هذا الكتاب استناداً إلى ثلاث مخطوطات لمؤلف ابن عيسى، وهي الوحيدة المعروفة في الوقت الحاضر. ونشير إلى أنها تنتمي إلى ثلاثة تقاليد مستقلة:

المخطوطة **الأولى** هي ٧٨٩/ ٩٣٤ من مكتبة Ragip Paşa في اسطنبول. وهي تتضمن ١٤٠ + ٤ صفحات، قياس كل منها ١٤,٥ × ٢١,٢(١٠٠ × ١٦٠) ملم. ولا يرد ذكر مكان وتاريخ النسخ. وتحمل المخطوطة آثار رطوبة.

وقد دون الناسخ النص بالخط النسخي الشرقي، كما أنه رسم الأشكال؛ وأضاف على الهامش بعض التصحيحات خلال عملية النسخ، لكننا لا نستطيع أن نستنتج من ذلك أنه أجرى مراجعة لمجمل النص استناداً إلى النموذج الأصلي. وربما حصل النسخ في القرن الرابع عشر، لكن لا شيء يؤكد ذلك.

وقد تعرضت هذه المخطوطة لحادث طرأ عليها خلال تاريخها، ذلك أن صفحات عديدة ليست في موقعها، وهناك واحدة مفقودة. وقد وردت الصفحات وفق الترتيب التالي:

٥٦ ← ٦٦ ← ٧٥ ← ٥٧ ← ٦٧ ـ ٧٤ ← صفحة غير موجودة ←

٥٦ ـ ٦٥ ← ٧٦. ولا يعبر ترقيم الصفحات عن الحادث الذي طرأ على المخطوطة، وبالتالي فإن هذا الترقيم حديث ومغلوط.

أما المخطوطة **الثانية** فهي ٢٧٥٩ من مجموعة Laleli من مكتبة السليمانية في اسطنبول، وهي تتضمن ١٥٥ صفحة. وقد قرأناها على ميكروفيلم. وهي مكتوبة بالخط النسخي، ولا يشير الناسخ إلى مكان وتاريخ التدوين. وكل ما نعرفه أن هذه المخطوطة كانت في العام ٨٧٠/ ١٤٦٥ ـ ١٤٦٦ ملكاً للمدعو محمد بن أبي الفتح الصوفي. لكن، لا شيء هذه المرة أيضاً يشير إلى أن الناسخ قد أجرى مراجعة للنسخة استناداً إلى النموذج الأصلي.

أما المخطوطة **الثالثة** فهي مكتوبة بأحرف عبرية. وهي Heb.378 من مكتبة الفاتيكان، وقد راجعناها على ميكروفيلم[١].

(١) Y. Tzvi Langermann, «Arabic Writings in Hebrew Manuscripts: A Preliminary Relisting,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 6, no. 1 (March 1996), pp. 137-160, esp. p. 143.

أشكر السيد توني ليفي (Tony Lévy)، المكلف بالبحث في المجلس الوطني الفرنسي للبحوث العلمية على المساعدة التي قدمها لي في قراءة هذه المخطوطة.

فقرة من كتاب المناظر والمرايا المحرقة
من تأليف أحمد بن عيسى
على مذهب أقليدس في علل البصر

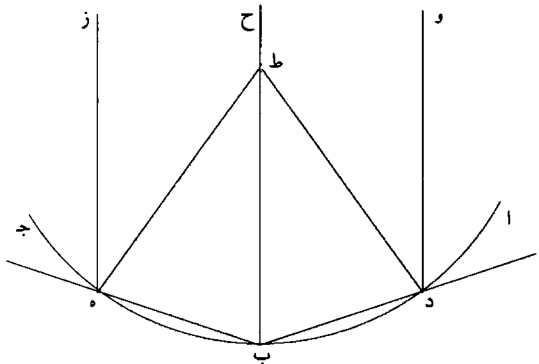
فلنذكر الآن ما العلةُ التي لها تُحرق المرايا ونرى الوجه في المرآة المحرقة عظيمًا جداً. ر - ٢٩ - و / ل - ٤٨ - ظ / ع - ٣٢ - ظ

‹آ› ولنبدأ أوّلاً فنبيّن كيف ينعكس الشعاع من ضلعي المرآة / إلى النقطة التي هي مركزُ المرآة المحيطةِ بالضلعين والزاويةِ التي يحيط بها الضلعان. ر - ٢٩ - ظ

فنضع لذلك مثالاً يُرى حسّاً :/ وهو أن نفرض قطعة قوسٍ من دائرةٍ عليها آ ب جـ، ونُخرج من ب خطين / مستقيمين يقطعان قوس آ ب جـ على علامتي د ه، ونفرض بُعد ب د مساويًا لبُعد ب ه، ونُخرج من ب قطراً على مركز الدائرة، وهو خط ب ط ح، ونفرض ط مركزَ الدائرة. ويكون الشعاعان الخارجانِ من الشمس إلى علامتَيْ د ه من خطي ب د ب ه شعاعَيْ و د ز ه. ونُخرج من د ومن ه خطين مستقيمين إلى ط، التي هي مركزُ الدائرة. فخطّا ط د ط ه متساويان / لأنهما خرجا من المركز إلى المحيط. فزاويتا ط ب ه ط ب د متساويتان وشعاعُ ح ب موازي شعاعَيْ ز ه / و د، لأنّا قد بينّا أن ذلك في الحسّ كذلك. فخط ز ه موازٍ لخط ح ب. وقد وقع عليه خطُّ ب ه ك المستقيم، فزاويةُ ز ه ك الخارجةُ مساويةٌ لزاوية ط ب ك ل - ٤٩ - و / ع - ٣٢ - و / ر - ٣٠ - و / ل - ٤٩ - ظ

4 التي لها: الذي بها [ع] – 7 مركز المرآة: نجد في هامش [ر] بخط آخر فوقها «صوابه مركز الدائرة» – 8 الضلعان: الضلعين [ر] – 12-13 وهو ... الدائرة: ناقصة [ع] – 13 ويكون الشعاعان الخارجان: وتكون الشعاعات الخارجات [ل] – 14 خطي: خط [ر، ل] – 15 التي: الذي [ع] / ط د: ط ر [ل] – 16 ط ب د: أثبتها فوق السطر [ر] – 17 موازي: مواز [ل] / أن: ناقصة [ع] – 18 في الحسّ ... موازٍ: ناقصة، وترك لها فراغًا [ل] / موازٍ: موازي، ولن نشير إليها فيما بعد [ر].

الداخلة، فزاويةُ طَ هَ بَ مساويةٌ لزاوية زَ هَ كَ، فإذاً شعاعُ زَ هَ انعكس على خط هَ طَ إلى علامة طَ التي هي المركز. وبهذا التّدبير نبيّنُ أن شعاع وَ دَ انعكس على خط دَ طَ إلى علامة طَ.



فقد تبيّن أن نهايتَيْ شعاعِ مرآة دَ بَ هَ ذات الأضلاع المستقيمةِ الخارجة من نهايتيها إلى المركز الذي هو علامة طَ، فإنه ينعكس من علامتَيْ دَ هَ إلى مركزها الذي هو علامة طَ؛ وذلك ما أردنا بيانه.

‹بَ› وأيضًا، نبيّن الآن كيف ينعكس شعاعُ الشمس أيضًا من المرايا المُحرقة إلى موضع الإحراق، وهو رُبع قطر الدائرة.

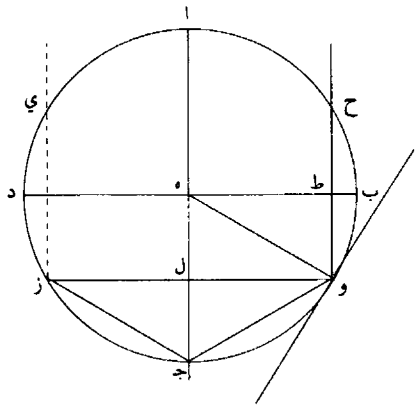
فلنقل: كلُّ مرآةٍ قوسُها ‹ثلث دائرتها› – أعني بقوسها / الخطَّ ر - ٣٠ - ظ الفاصلَ لها بنصفين على نقطة / مركز دائرتها، وهي القوسُ التي ل - ٥٠ - و يُوترها قطرُ دائرة المرآة – فإنها تعكس الشعاع الأول من نهايتيها على مركز المرآة، أعني النقطة التي بُعدُها من محيط الدائرة بُعدٌ واحدٌ، إذا كانت مسطرتُها قطعةً من دائرة، أعني بهذه المسطرة التي تُعمل عليها المرآة لتُحرق. وأما آخر شعاع ينعكس منها، وهو الذي ينعكس من

1 لزاوية: زاوية [ل] / فإذاً: كتبها ناسخ [ل] «فإذن» ولن نشير إليها فيما بعد – 2 التي: الذي [ع] / نبين: بين [ر] تبين [ع] – 3 على: مكررة [ر] – نجد بخط آخر تحت الشكل «هذه المرآة ذات الأضلاع المستقيمة» – 4 تبين: بين [ر] – 5 نهايتيها: نهايتها [ر، ل، ع] / علامة طَ: الصحيح هو نقطة بَ مركز المرآة – 6 علامتي دَ هَ: علامة دَ هَ [ل] – 8 الدائرة: الاحراق [ر، ل]، وكتبها ناسخ [ل] «الاخراق» ولن نشير إليها فيما بعد – 10 التي: الذي [ع] – 11 يوترها: توترها [ل] / نهايتيها: نهايتها [ر، ل، ع] – 12 مركز المرآة: نجد بخط آخر في هامش [ر] «صوابه مركز الدائرة» / التي: الذي [ع] / بعد واحد: بعدا واحدا [ر، ل].

مركزها، فإنه يقع على مركز الدائرة التي مَسْطرتها قطعةٌ منها، أعني ينعكس على نفسه.

مثالُ ذلك: أن نفرض دائرة ا ب جـ د الدائرة التي مسطرةُ المرآة ثلثها، ونُخرج فيها قطري ا جـ ب د يتقاطعان على زوايا قائمة على مركز الدائرة عند علامة ه، ونفرضُ القوسَ قوسَ و جـ ز، ونفرض علامة جـ تفصلُها بنصفين.

فأقول: إن الشعاع الخارجَ من الشمس إلى و وإلى ز ينعكس إلى علامة جـ./



برهان ذلك:/ أن قوس و جـ سدس دائرة ا ب جـ د، فيبقى من قوس ب جـ قوس ب و وهي نصف سدس. فإذاً الشعاع الخارج من الشمس إلى و يقطع قوس ا ب على علامة ح، والشعاع يخرج من الشمس على خطوط متوازية في الحسّ، لما سوف نخبر به في موضعه الأخصّ به، إن شاء الله تعالى. ر - ٢١ - و / ل - ٥٠ - ظ

فخط ح و موازٍ لخط ا جـ الذي هو الشعاع الخارج من الشمس إلى جـ، وا جـ يقطع قطر الدائرة - الذي هو ب د - على زوايا قائمة. فإذاً خط ح و يقطع خط ب د على زوايا قائمة عند علامة ط. فإذاً خط و ط

3 التي: ناقصة [ع] - 9 ا ب جـ د: ا ب جـ [ر، ل، ع]، وأثبت ناسخ [ر] الدال فوقها / فيبقى: فيبقا، ولن نشير إليها فيما بعد [ر، ل] - 10 سدس: نجد في [ر] فوقها بخط آخر «الدائرة»، أي سدس الدائرة - 12 سوف: ناقصة [ع] - 13 تعالى: ناقصة [ل] - 15 الدائرة: المرآة [ر، ل] ونجد في [ر] بخط آخر في الهامش «صوابه الدائرة» - 16 و ط: ط و [ع].

مثل خط ح ط، فإذاً خط ح ط و هو وتر السدس أيضًا. والخطوط التي تقطع دائرةً واحدة وتكون زوايا تلك القطع متساوية تجعل القطع متساوية. والشعاع ينعكس على زوايا متساوية، فإذاً شعاع ح و ينعكس على خط يجعل زاوية / قطعته / مثل زاوية القطعة التي ر - ٣١ - ظ ع - ٢٣ - ظ يُحيط بها وتر/ ح و وقوس ح ب و، فإذاً القطعة التي يحيط بها ل - ٥١ - و الشعاع المنعكس من خط ح و - إذ تجعل زاويتها التي عند علامة و مثل زاوية و - مثل القطعة التي حددنا. فإذاً القطعتان متساويتان، وقوساهما متساويتان، ووتراهما متساويان.

فإذاً القطعة التي مبتدؤها علامة و إلى جهة جـ قوسُها التي من و إلى جـ مساويةٌ لقوس و ح. وقوس و ح سدس الدائرة، فقوس و جـ سدس الدائرة، فإذاً القطعة التي يحيط بها قوس و جـ وخط جـ و، هي التي وترها [الذي] هو خط جـ و ‹و›هو شعاع ح و ‹الذي›/ انعكس ل - ٥١ - ظ من و إلى جـ، لأن الشعاعات تنعكس على زوايا متساوية كما بيّنا. فالزاوية التي يحيط بها خط جـ و وقوس و جـ مساويةٌ للزاوية التي يحيط بها خط ح و وقوس و ح. فقد تبيّن أن شعاع ح و ينعكس على جـ و وأن شعاع ا جـ ينعكس على نفسه، لأن زاوية ا جـ و / مساوية ر - ٣٢ - و لزاوية ا جـ ز.

فإذاً آخر الشعاعات المتقاطعة يكون على نصف خط جـ ه عند علامة ل، لأن المنعكس من قوس جـ ز مثل المنعكس من قوس جـ و بمثل التدبير الذي تقدم. إلا أنّ المنعكس من قوس و جـ ينعكس إلى جهة ز والمنعكس من قوس جـ ز ينعكس إلى جهة و. فآخر شيء يتقاطع منها من جهة ا على نقطة ل. وآخر شيء يتقاطع منها من جهة جـ على نقطة

1 ح ط: ط ح [ع] / فإذاً: وإذا [ر] / ح ط و: ح و [ع] - 4 التي: الذي [ع] - 5 يحيط: تحيط [ر] / وتر ... بها: مكررة [ل] / وقوس ح ب و: أثبتها في الهامش [ر] - 7 مثل (الثانية): من [ل، ع] / القطعتان: القطعتين [ر، ل] / متساويتان: متساويتين [ل] - 8 متساويتان: متساويين [ل] - 10 و ح (الأولى والثانية): و جـ [ر] - 11 وخط: وقوس [ع] / هي: مكررة [ل] - 14 وقوس و جـ: أثبتها في الهامش [ر] - 15 ح و: جـ و [ر، ل] / و ح: و جـ [ر، ل] / ح و: ج و [ر] - 16 جـ و: جـ [ل] - 18 آخر: اكثر [ل، ع] - 21 شيء: نجد في هامش [ر] بخط آخر «شعاع»، وهو المقصود - 22 من جهة ... منها: ناقصة [ل] / ل: ه [ر] / شيء: نجد في هامش [ر] بخط آخر «شعاع»، وهو المقصود.

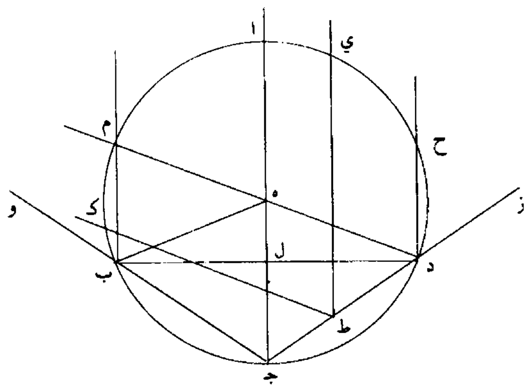
جـ، أعني ما قاطع الشعاعات، كل الشعاعات المختلفة، من جهة جـ و إلى جهة ز جـ ومن جهة ز جـ إلى جهة جـ و.

فإذاً آخر/ المواضع من هذه الشعاعات وأكثفها تقاطعًا ‹هو› ل - ٥٢ - و الوسط الذي / هو عند علامة ل. وفي ذلك الموضع يكون الإحراق؛ ر - ٢٢ - ظ وذلك ما أردنا أن نبيّنه.

‹جـ› ونبيّن هذا أيضًا بوجه آخر ليرى أيضًا حسًا.

فنقول: إن كل دائرة أخرج من أحد طرفي قطرها خطان يقطعانها في جهتين مختلفتين على علامتين ‹يكون› بعدهما من طرف القطر الذي أخرجا منه بُعداً واحداً، فإن الخطين إذا صُيّرا محيطين بزاوية لمسطرة ثم قوّم بها وجه مرآة، بأن توضع تلك الزاوية في مركز المرآة ثم أديرت حتى يماسّ الخطان وجهها من كل جهة، فإن تلك المرآة تعكس شعاعًا شمسيًا مجتمعًا محرقًا.

مثال ذلك: أن نرسم دائرة ا ب جـ د ونفرض الخط الخارج من ا إلى جـ قطراً لدائرة ونفرض علامتي د ب متباعدتين عن جـ بعداً واحداً على قوس الدائرة في جهتين مختلفتين. ونخرج من جـ خط جـ ز يقطع الدائرة على علامة د ونخرج خط / و جـ يقطع الدائرة على علامة ب. ل - ٥٢ - ظ



3 آخر: اكثر [ل، ع] – 4 الوسط: الواسط [ع] / هو: ناقصة [ع] – 5 ما: ناقصة [ر] / أن نبينه: ناقصة [ر، ل] – 7 إن: ناقصة [ر، ل] / خطان: خطين [ر، ل، ع] – 9 محيطين: محيطان [ر، ل] – 10 في: من [ع] – 11 الخطان: الخطين [ر، ل، ع].

فأقول: إن خطي د جـ / ب جـ يعكسان شعاعًا مجتمعًا يقاطع ر - ٣٣ - و بعضه بعضًا على سطح واحد .

برهان ذلك: أن الشعاع الخارج من الشمس - إذا استقبلت الشمس بالمرآة التي قوم باطنها خط د جـ، جـ ب الذي هو المسطرة استقبالاً يخرج الخط الخارج من مركزها، الذي هو ه، على / علامة جـ ع - ٢٤ - و ويفصل زاوية ب جـ د بنصفين - إلى د، فإنه ينعكس من د إلى ه التي هي مركز الدائرة، وكذلك الشعاع الواقع على ب ينعكس من ب أيضًا على ه التي هي مركز الدائرة.

برهان ذلك: أن شعاعي ا جـ ح د متوازيان في الحسّ لما قدّمنا، وقد وقع عليهما خط جـ د ز، فتصير زاوية ح د ز مساوية لزاوية ا جـ ز. فإذا أخرجنا خطًا ‹من› د ‹إلى› ه التي هي المركز، فإن زاويتي ه د جـ ه جـ د متساويتان، فإذًا زاوية ه د جـ مساوية / لزاوية ل - ٥٢ - و ح د ز، فإذًا خط د ه هو الشعاع الذي ينعكس من د في جهة ه. وبهذا التدبير نبين أن المنعكس من ب / ينعكس أيضًا إلى ه. وكذلك جميع ر - ٣٣ - ظ الشعاعات التي تخرج على خط ه جـ من الشمس تنعكس إلى جهة و وإلى جهة كـ على خطوط موازية لخط د ه م، لأن كل الخطوط التي تخرج من الشمس كالخط الواقع على ط الذي هو ي ط - التي هي من جـ د - موازية لخط ح د. وكذلك أيضًا ما يعكس مواز لخط د ه، لأن الزاوية التي حدثت من ي ط ط ز مساوية لزاوية ح د ز. وكذلك أيضًا المنعكس من ط في جهة و، أعني خط ط كـ، تصير الزاوية التي من خطي جـ ط ط كـ، المنعكس من ط، مساوية للزاوية التي من ه د د جـ، لأن زاوية ه د جـ مساوية لزاوية ح د ز وزاوية ح د ز مساوية لزاوية

6 إلى د: كتب ناسخ [ر] «على» ثم صححها عليها؛ ونجد في هامش المخطوطة بيد أخرى إزاء كلمة بنصفين «فالشعاع الواقع»، مما يدلّ على أن من كتب هذا قرأ «على»، وفي أغلب الظن أنه قرأ هذا على نسخة أخرى، لأن ناسخ المخطوطة المكتوبة بالحروف العبرية كتب أيضًا «والشعاع الواقع على د» - 9 متوازيان: متوازيين [ر، ل] - 10 عليهما: عليها [ر، ل] - 11 خطًا: خط [ر، ل، ع] - 12 متساويتان: متساويتين [ر، ل، ع] - 13 ينعكس: انعكس [ل] / ه: جـ [ر، ل] - 14 نبين: تبين [ل] - 15 ه جـ: د جـ [ل] - 16 الخطوط: خطوط [ع] - 17 هي: ناقصة [ع] - 21 خطي جـ ط ط كـ: خط جـ ط كـ [ر، ل] / ه د د جـ: ه د ح [ر، ل] - 22 ه د جـ: ه د ح [ر] / وزاوية: فزاوية [ع] - 21-22 التي ... لزاوية (الأولى): ناقصة [ع].

ك ط جـ. فـإذاً الشـعـاع الذي يـنعكس / من خط د جـ كلّه ينعكس ل - ٥٣ - ظ
مـتـوازي النهـايتين. وكـذلك الذي ينعكس من خط ب جـ متوازي
النهايتين، ونهايتاه الشعاعان اللذان انعكسا من ب د / من حـرف ر - ٣٤ - و
المرآة. والشعاعان الآخران من أقرب الأشياء من علامة جـ من الجهتين
جميعًا، أعني مما يلي د ومما يلي ب، يمرّان على خطين موازيين لخطي د ه
ب ه. أما ما ينعكس من خط ب جـ، فمواز لخط د ه، وما انعكس من
خط جـ د فمواز لخط ب ه. فأكثف المواضع كلها منه، أعني من الشعاع
الواقع عليه هذه الشعاعات المقاطع بعضها بعضًا، فعلى السطح الذي
يفصل جـ ه بنصفين كخط ب د عند علامة ل، وثَم يكون إحراق المرآة
المحرقة وهو ربع قطر المسطرة التي تعمل المرآة منها ./

فقد تبين كيف تنعكس الشعاعات وتتقاطع جميعًا / على سطح ل - ٥٤ - و ر - ٣٤ - ظ
واحد مستدير، وتبين أيضًا نسبة بُعد السطح من مركز الدائرة إلى
ضلع المرآة على الخط الخارج من مركزها إلى محيطها؛ وذلك ما أردنا
بيانه.

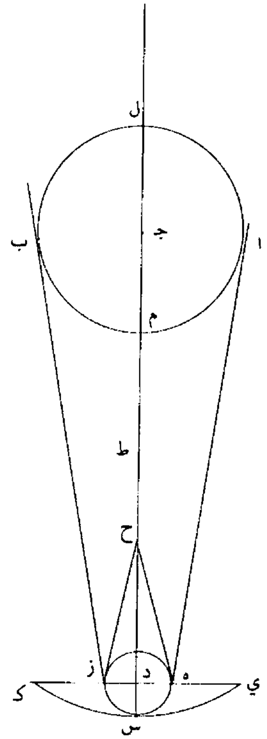
<د> فلنبين الآن أيضًا كيف يصاك الشعاع <الخارج> من الشمس
في المرايا المحرقة وكيف ينعكس الشعاع من المرايا المحرقة إلى موضع
الإحراق. فلنفرض كرة الشمس دائرة ا ل ب م ومركزها جـ ونخرج من
المركز خط جـ م ماراً على استقامة، وهو نصف القطر أيضًا وهو الشعاع
الخارج من مركز الشمس، ونفرض مرآة ه س ز ومركزها د، ونخرج
شعاعي الشمس إلى مرآة ه س ز وهما شعاعا ا ه ب ز.

فأقول: إن شعاع الشمس / الخارج منها المحيط جنبتيه بجنبتي ل - ٥٤ - ظ
المرآة اللتين هما علامتي ه ز قد صاك المرآة؛/ وانعكس من سطح مرآة ع - ٢٤ - ظ
ه س ز الشعاع الذي صاكها من الشمس/ إلى نقطة ح. ر - ٣٥ - و

فأقول: إن نقطة ح هي موضع الإحراق، أعني أن نقطة ح التي هي
طرف الشعاع المنعكس من مرآة ه س ز، إذا وقع على جسم ما مما

2 الذي ينعكس: المنعكس [ع] – 2-3 وكذلك ... النهايتين: ناقصة [ل] – 3 ونهايتاه: ونهايته [ر] – 4 والشعاعان الآخران: والشعاعين الآخرين [ر، ل] – 5 يمران: يمر [ر، ل] / لخطي: لخط [ر] – 6 ينعكس: نعكس [ل، ع] / د ه: ب ه [ع] – 7 ب ه: د ه [ع] – 15 يصاك: نصاك [ر] – 16 في: ناقصة [ل، ع] / المحرقة (الأولى): والمحرقة [ع] – 17 ا ل ب م: ا ل ب [ل] – 20 شعاعا: شعاعي [ر] / ب ز: ب د [ل] ب د ز [ر] – 22 اللتين: اللذين [ر، ل] – 24 التي: الذي [ل] .

يحترق ودام عليه أحرقه. وهذا الشعاع المنعكس من المرايا المحرقة إنما يكون بُعده على قدر ما تعمل المرآة. ليس يكون بُعده لكبرها ولا لصغرها، وإنما هو للمسطرة التي تعمل عليها المرآة. فمن الدائرة التي تكون المسطرة قوسًا منها، يكون إحراق تلك المرآة المعمولة بتلك المسطرة / على قدر ربع قطر تلك الدائرة التي تلك المسطرة قوس منها. ر - ٣٥ - ظ



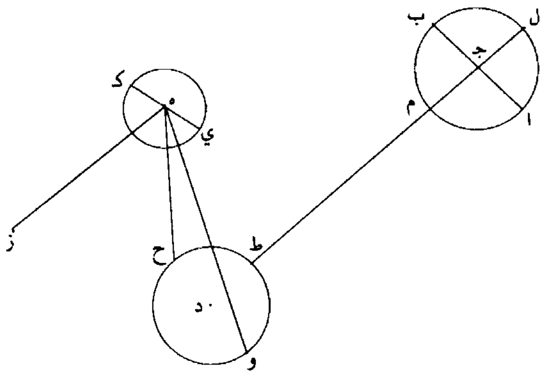
ومثال ذلك: أن قوس ي س ك هي المسطرة التي عمل وجه مرآة ه س ز بها ومركزها نقطة ط. فخط ط س نصف قطر دائرة ي س ك، وخط ط ح نصف خط ط س، فخط س ح ربع قطر دائرة ي س ك؛ فلذلك صارت مرآة ه س ز / تحرق على بُعد س ح. وكذلك كل مرآة ل - ٥٥ - و

1 يحترق: يحرق [ر] – 4 قوسًا: قوس [ر] – 5 تلك (الثانية): ناقصة [ع] – 9 وخط ... ي س ك: ناقصة [ل] – 10 صارت: ناقصة [ع] / على: ناقصة [ع].

تعمل من مسطرة فإنها تحرق على قدر ربع قطر الدائرة التي تلك المسطرة قوس منها.

فمن كان من أهل الصناعة الهندسية فقد علم مما وصفنا كيف تعمل المرآة المحرقة، لأنا قد أتينا على شرح ذلك لمن كان له معرفة بالصناعة الهندسية؛ وذلك ما أردنا بيانه.

〈ه〉 وأيضًا نبين كيف ينعكس شعاع مرآة محرقة إلى مرآة أخرى محرقة حتى يكون الإحراق من جهة المرآة الأولى وعلى سمتها.



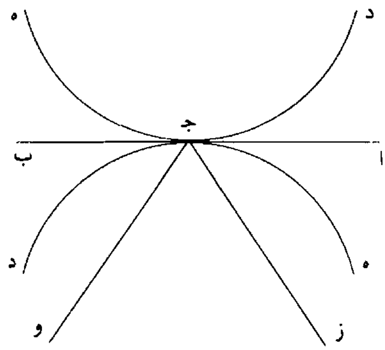
فلنفرض أيضًا كرة الشمس دائرة ا ل ب م والمركز جـ وقطر هذه / الدائرة ا جـ ب، ونخرج قطر ل جـ م مارًا مستقيمًا، وهو الشعاع الخارج من مركز الشمس. ونفرض / مرآة و ط ح ومركزها د، ر - ٣٦ - و ل - ٥٥ - ظ فينعكس شعاع مرآة و ط ح إلى مرآة ه إلى نقطة ه، ثم ينعكس من ه إلى ز، فيكون الإحراق عند علامة ز، إلا أنه يكون أضعف من الإحراق الذي يكون عند علامة ه، لأن مرآة ي ك قبلت أولاً الشعاع من مرآة و ط ح، فكان الإحراق في موضع ه؛ وموضع ه لا يحترق لأنه حديد صقيل. فينعكس الشعاع منها إلى ز؛ فلذلك صار الإحراق / ضعيفًا ر - ٣٦ - ظ عند علامة ز، لأنه مقبول مما قبل من غيره؛ وذلك ما أردنا بيانه.

4 تعمل: نعمل [ع] / أتينا: أثبتنا [ر] – 5 الهندسية ... بيانه: ناقصة [ر، ل] – 6 نبين: نرى [ل، ع] / ينعكس: تعكس [ر، ل] – 7 الأولى: إلى ا [ع] – 9 ا جـ ب: ه ا جـ ب [ل] / ل جـ م: ا جـ م [ع] – 10 و ط ح: و د ط [ل] – 15 فينعكس: يعكس [ع] / ضعيفًا: ضعيف [ر، ع].

<ز> وأيضًا نبين أن الشعاع ينعكس من الخطوط المستقيمة على زوايا متساوية بجهة أخرى، وكذلك ينعكس من الخطوط التي هي / ع - ٢٥ - و قطع محيطات الدوائر من باطنها ومن ظاهرها على زوايا متساوية.

مثال ذلك: أن نفرض خط ا ب مستقيمًا يماسّ قطعة من قوس وهي على علامة جـ والقوس قوس / د جـ هـ، ونفرض البصر علامة و ل - ٥٦ - و والشعاع خارجًا من و إلى جـ، ونفرض زاوية د جـ و أصغر من زاوية و جـ ه. فشعاع و جـ ينعكس من علامة جـ إلى موضع ما محدود ونفرضه علامة ز.

فأقول: إن زاوية د جـ و مساوية لزاوية ه جـ ز.



برهان ذلك: أن/ نقطة جـ مشتركة لخط ا ب وقوس د جـ ه. فإذًا ر - ٣٧ - و خط و جـ الواقع على نقطة جـ من خط ا ب ينعكس بزاويتين متساويتين، أعني كزاويتي ا جـ و ب جـ ز، وقد بيّنا فيما تقدم أن الشعاعات تنعكس / من السطوح والخطوط المستوية على زوايا ل - ٥٦ - ظ متساوية. فقوس د جـ ه ماست خط ا ب على نقطة جـ، فزاويتا ب جـ ه ا جـ د متساويتان، فتبقى زاويتا د جـ و ه جـ ز متساويتين؛ وذلك ما أردنا.

ونبين أيضًا من هذا الشكل إن كان النظر على ظهر قوس د جـ ه، فإنه أيضًا ينعكس الشعاع عنها بزوايا متساوية.

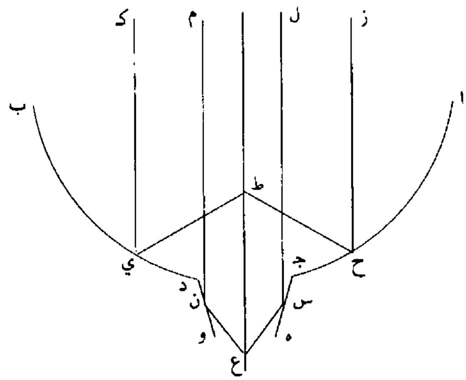
2 بجهة: لجهة [ع] – 5 على: ناقصة [ع] – 6 خارجًا: خارج [ر، ل، ع] – 7 ما: أثبتها فوق السطر [ل] – 14 فزاويتا: فزاويتي [ر، ل، ع] – 15 فتبقى ... متساويتين: ناقصة [ع] / متساويتين: متساويتان [ر] – 17 أيضًا من هذا: من هذا أيضًا [ع].

مثال ذلك: أن نفرض قوس د جـ ه في الجهة الأخرى وتكون نقطة جـ مشتركة لها ولخط ا ب، فالشعاع الخارج من و إلى جـ من خط ا ب ينعكس إلى ز للعلة التي قدمنا، لتكون زاوية ا جـ و مساوية لزاوية ب جـ ز. وزاويتا د جـ ا ه جـ ب / ر - ٣٧ - ظ متساويتان، وقد زيدت زاوية ا جـ د على زاوية ا جـ و وزيدت زاوية ه جـ ب على زاوية ب جـ ز. فإذاً جميع زاوية ه جـ ز مساوية لجميع زاوية د جـ و، فإذاً قد انعكس شعاع و جـ على حدبة قوس د جـ ه من علامة جـ إلى علامة ز على زاويتين متساويتين اللتين / ل - ٥٧ - و هما زاويتا د جـ و ه جـ ز؛ وذلك ما أردنا بيانه.

فإذاً قد ظهر الآن أن الشعاعات النورية البصرية والشمسية تنعكس من الأجسام الصقيلة المستوية السطح، مستقيمة كانت أو قوسية أو دوائر على زوايا متساوية، بما تقدم من البراهين على ذلك بالنظر الحسّي الذي لا شكّ فيه ولا دافع له.

〈و〉 ونبين أيضاً في هذه المرآة التي نصف الآن أنها تحرق إلى قدام وإلى خلف.

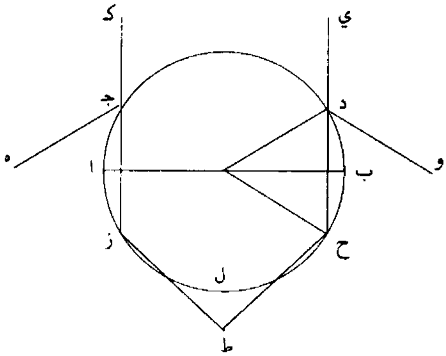
مثال ذلك: أن نفرض قوس ا ب بطن المرآة ونرسم عليها ا ح جـ د ي ب، وموضعَ جـ ه د و بَرْبَخ صقيل مستوي السطح نافذ في وسط المرآة مجوف / ر - ٣٨ - و في انخراط ليكون سعة ه و منه أقل من سعة جـ د منه.



1 تكون: أثبتها فوق السطر [ل] – 6 مساوية: متساوية [ر] / فإذاً: فان [ل] – 7 على: عن [ل، ع] / جـ: د [ل] – 8 بيانه: ناقصة [ع] – 9 فإذاً: فاذ [ر] / الشعاعات: الشعاع، ثم أضاف «ات» في الهامش [ر] – 10 تنعكس: ينعكس [ر] / الأجسام: والمستوية [ع] / المستوية: ناقصة [ع] – 12 له: ناقصة [ع].

ونخرج خطي كـ ي ز ح شعاعي الشمس، فشعاع كـ ي / انعكس إلى ط، وكذلك ز ح انعكس إلى ط، فكانت ط موضع الإحراق من قدام المرآة بالبراهين المتقدمة. وخط م ن وخط ل س شعاعا الشمس أيضًا وقعا على داخل البربخ، فانعكس شعاع م ن إلى ع وانعكس شعاع ل س إلى ع أيضًا، فنقطة ع من خلف المرآة موضع الإحراق بالبراهين المتقدمة؛ وذلك ما أردنا بيانه. ل - ٥٧ - ظ

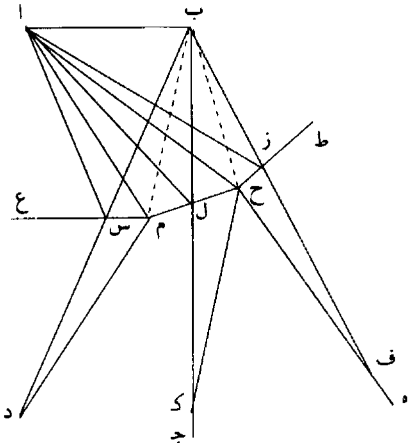
<ح> وأيضًا نرى كيف ينعكس الشعاع من البلوّرة. فنرسم // البلوّرة بلورة ا ب جـ د ح ز ونخرج قطر ا ب. ولأن البلورة جسم صقيل كلّه مستشف يقبل الشعاع إلى داخلها حتى يقبل قوس ح ل ز من داخل الشعاع. فنخرج شعاع ي د، فيقع على حدبة البلوّرة وينعكس من د إلى و وينفذ في داخلها إلى ح، فينعكس من ح إلى ط. وأيضًا شعاع كـ جـ يقع على حدبة البلورة وينعكس من جـ إلى ه وينفذ في داخلها إلى ز وينعكس من ز إلي ط. فنقطة ط موضع إحراق البلوّرة بالبراهين التي تقدمت؛ وذلك ما أردنا بيانه.// ع - ٣٥ - ظ / ر - ٣٨ - ظ



1 كـ ي: كـ ي ي [ر] – 3 شعاعا: شعاعي [ر، ع] – 4 وقعا: ووقعا [ل] – 5 خلف: ناقصة [ع] – 8 جسم: جسيم [ع] – 9 كله: له [ر، ل] / قوس: أثبتها في الهامش [ر] – 10 شعاع: شعاعي [ر، ل] – 13 ز (الأولى): ح [ع].

〈ط〉 وقد ذكر أنثيمس في أول كتابه كيف يردّ الشعاع بأن ل - ٥٨ - و نعكسه من المرايا حتى يدخل شعاعُ الشمس إلى موضع محدود وتردّه ر - ٣٩ - و بالعكس إلى موضع محدود ويكون الشعاع لا ينتقل عن ذلك الموضع في كل حين وكل فصل من الزمان.

وقد وضعنا شكله وإقامة البرهان عليه.



فليكن الموضع المحدود الذي يصير إليه الشعاع عند نقطة آ. ونمدّ من نقطة آ خط نصف النهار على استقامة وموازياً للأفق إلى نقطة بَ، ونقطة بَ هي عند الثقب الذي نريد أن يدخل منه شعاع الشمس ونصيّره إلى آ. ونمدّ من نقطة بَ / خط ب جـ على زوايا قائمة من خط ل - ٥٨ - ظ آ بَ، وهذا هو الخط الاستوائي. ونمدّ من نقطة بَ خط ب دَ، وهو الخط الصيفي وخط ب هَ وهو الخط الشتوي. ونهيأ موضع الآلة على الخط الشتوي عند نقطة زَ / ببعد مقتدر من نقطة بَ كما نريد. ونصل ر - ٣٩ - ظ نقطة زَ بنقطة آ بخط ز آ، ونقطع زاوية ه ز آ بنصفين بخط مستقيم

1 ذكر: بين [ع] / أنثيمس: أنيثمس [ل] / كتابه: نجد بعدها «نريد أن نبين» [ع] - 2 شعاع: الشعاع [ر] / إلى: في [ع] - 5 وقد ... عليه: ناقصة [ع] - نجد بجوار نقطة بَ من الشكل «الكوّ الذي يدخل منه الشمس» [ر] «الكوة التي تدخل فيها (كذا!) الشمس» [ل]؛ كما نجد بجوار نقطة آ «الموضع الذي ينعكس إليه الشعاع ولا يتغير أبداً» [ر، ل] - 7 للأفق: كالأفق [ل] - 8 نريد: تريد [ل] / شعاع: كتبها «الشعاع»، ثم حذف على «ال» [ل] - 9 ب جـ: ب ح [ر، ل] - 13 زاوية: خط [ر، ل] / ه ز آ: ه ب جـ [ع].

وهو خط ز ح، ولتكن نقطة ح في الوسط مما بين خطي ب ه ب جـ على نصف زاوية ه ب جـ. ونخرج ح ز إلى نقطة ط. فإن توهمنا سطحًا مرائيًا موضوعًا على موضع خط ح ز ط، فإنه يكون شعاع ب ز ه إذا وقع على مرآة ح ز ط يرجع إلى نقطة آ، من أجل أن زاوية ه ز ح مثل زاوية ح ز آ، ولكن زاوية ه ز ح مثل زاوية ط ز ب، فزاوية ح ز آ مثل زاوية ط ز ب، فلذلك يرجع شعاع ب ز إلى آ بخط آ ز.

وعلى هذا المثال أيضًا يصير الشعاع الاستوائي يرجع إلى نقطة آ. فنمد خط ح آ، ونجعل ح آ مثل ح ك؛ ونقسم على المثال الذي قد وصفنا زاوية ك ح آ بنصفين بخط ح ل م الذي يقطع / خط ب ك جـ ل - ٥٩ - و
على نقطة ل وينتهي إلى نقطة / م التي عليها ينقسم زاوية جـ ب د ر - ٤٠ - و
بنصفين على مثل ما وصفنا. ونخرج خط ل آ. فلأن ح ك مساوي ح آ وزاوية ك ح آ قد انقسمت بنصفين بخط ح ل م، تكون قاعدة ك ل مساوية لقاعدة ل آ [مـقطع]، وتكون زاوية ك ل م مساوية لزاوية ل م آ؛ ولكن زاوية ك ل م مساوية لزاوية ح ل ب. فمن أجل هذا إذا ‹كان› السطح المرائي موضوعًا، على المثال الذي وصفنا، على خط ح ل م المتصل بمرآة ح ز ط التي تقدم ذكرها، يكون الشعاع الاستوائي الذي هو ل ب يرجع إلى نقطة آ بخط ل آ.

وعلى هذا المثال بعينه - إذ العمل واحد - يكون الشعاع الصيفي الذي هو ب س يقع على السطح المرائي الذي على خط م س ع ويرجع إلى نقطة آ بخط س آ.

فإن توهمنا عند نقطة ب ثقبًا مقتدراً، يكون جميع / الشعاع ع - ٣٦ - و
الذي يدخل من الثقب من نقطة ب / إلى المرايا المتصل بعضها ببعض ر - ٤٠ - ظ

1 ولتكن: لتكن [ع]. ونجد قبلها «وتقطع أيضًا زاوية ه ز آ بنصفين بخط ز ح» - 2 ه ب جـ: ب جـ [ر] / سطحًا: سطحها [ر] - 3 موضوعًا: ناقصة [ع] - 3-4 فإنه ... ح ز ط: ناقصة [ل] - 4 يرجع: ترجع [ر] - 5 ولكن: وكل [ع] - 6 فلذلك: نجد قبلها «فزاوية ح ز آ مثل زاوية ط آ ب» [ع] / يرجع: ترجع [ر] / بخط: إلى خط [ع] إلى [ل] - 8 قد: ناقصة [ع] - 9 ك ح آ: ف ح آ [ع] - 10 جـ ب د: ب جـ د [ر، ل، ع] - 11 مثل: ناقصة [ع] / مساوي: مساو [ر، ل] - 12 وزاوية: فزاوية [ع] / ك ح آ: ح ك آ [ر] - 14 ل م آ: م ل آ [ر، ل، ع] / ح ل ب: جـ ل ب [ر] / فمن أجل: فمحل [ر] / إذا: إذًا [ر] إذن [ل] - 15 موضوعًا: موضوع [ر، ل] الموضوع [ع] - 16 التي: الذي [ل] - 19 يقع: يقطع [ر] - 21 جميع: أثبتها في الهامش مع بيان موضعها [ل].

التي وصفنا يرجع / إلى نقطة آ، وممكن إذا قُسمت الزوايا المتصلة التي ل - ٥٩ - ظ وصفنا، إذ هي بعينها، إذا قسمت على المثال الذي وصفنا، <أن> تفصل المرايا إما كثيرة وإما قليلة.

ونرسم خط ط ز ح ل م س ع هذا الذي إن توهمنا أنه يدور على القطب، الذي هو ب آ، يرسم المرآة التي تسمى تنوريّة، وهي التي إذا قسمت باثنين وغطيت بصفيحة موازية للأفق وكانت تقبل الشعاع من الثقب بموضع ب ترجع الشعاع إلى نقطة آ.

ولأن لا ننصب عند تهيئة السطوح المرائية، إذا كانت أقسامها هكذا كثيرة، نضع أيضًا رسم هذا الخط كيما إذا أدخل فيه محور يكون بذلك تهيئة هذه المرآة. فإن توهمنا أن خط ز ف مساوٍ لخط ز آ، يكون عند ذلك خط ف ح مساويًا لخط ح آ. ولأن ف ز وضع مساويًا / لخط ز آ، وخط ز ب مشترك، يكون خط ف ب كلّه مساويًا لخطي ر - ٤١ - و ب ز ز آ مجموعين، / وأيضًا ف ب كلّه مساويًا لخط كـ ب لأن ف ح ل - ٦٠ - و مساوٍ لخط ح كـ ونقطة ح على نصف زاوية ف ب كـ، فخط ب كـ إذاً مساوٍ لخطي ب ز ز آ مجموعين. ولكن خط كـ ب مساوٍ لخطي ب ل ل آ مجموعين، من أجل أن خط كـ ل مساوٍ لخط ل آ وخط ل ب مشترك، فخطا ب ل ل آ مجموعين مثل خطي ب ز ز آ مجموعين. ومن أجل هذا يصير خط ب د مساويًا لخط ب كـ ومساويًا لخط ف ب، ويصير خطا ب س س آ مجموعين مثل خطي / ب ل ل آ مجموعين ومثل ل - ٦٠ - ظ خطي ب ز ز آ مجموعين. /

فتبين مما وصفنا أن جميع خطوط الشعاع الذي يدخل من نقطة ر - ٤١ - ظ ب وترجع إلى نقطة آ متساوية. فإن مددنا خيطًا يدور على نقطتي آ ب وعلى مبادئ رجوع الشعاع، فهذا الخيط يرسم الخط الذي وصفنا / وهو الذي يصير جزء المرآة الذي يسمى النقصان الذي إليه يصيّر ر - ٤٢ - و محور المرآة التي وصفت وهي التنوريّة؛ وذلك ما أردنا بيانه. /

2 بعينها: بعضها [ل] – 5 القطب: ويعني به هنا المحور أو القطر، ولغةً «القطب» هو أيضًا الحديدة التي في الطبق الأسفل من الرَّحيين، يدور عليها الطبق الأعلى (انظر تاج العروس) / تنورية: بنورية [ر] – 6 للأفق: الافق [ر] – 12 كلّه .. لخطي: ناقصة [ع] – 14 ف ب كـ: ف ب ط [ر، ل] – 15 ب ل: ر ل [ر، ل] – 16 من أجل: منحل [ر] – 19 خطي: ذلك [ر] – 21 فتبين: فبين [ر] – 24 جزء ... إليه: ناقصة [ع] / يسمى: تسمى [ل].

<يَ> وأما الإحراق الذي أحرق به أرشميدس – الذي يُوصف عنه أنه أحرق مراكب العدو بالمرايا المحرقة – فإن تلك المرايا لم تكن من المرايا التي تحرق على نقطة محدودة، لأن هذه التي تحرق على نقطة محدودة إن تأخر المُحْرَقُ عن حدّها – الذي هو بعد مسافة الإحراق – لم تحرق، لأن نهاية الشعاع لا تبلغ إليها، وإن تقدم المحرق حتى يدخل في الشعاع، انبسط الشعاع عليه فلم يحرق. ع - ٣٦ - ظ

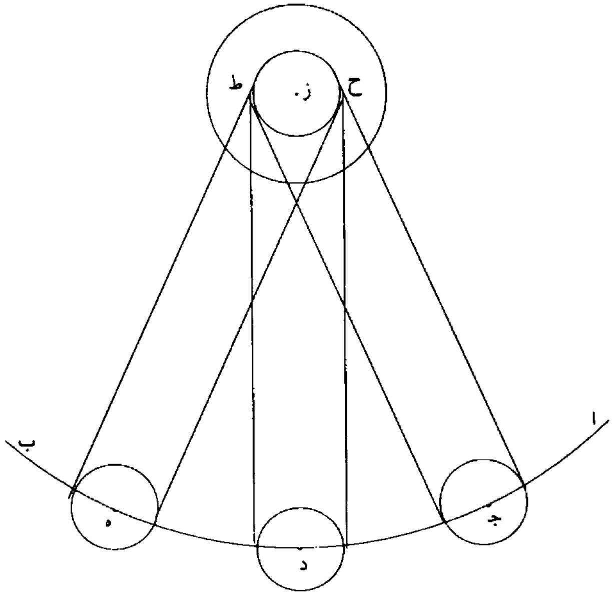
والذي تناهى إلينا أنه أحرق بمرايا عدّة مستويات سطوح الوجوه ترد الشعاع بقدرها إلى أن / يرد الشعاع رادّ من جسم كثيف وإلا مرّ الشعاع إلى غير نهاية إن أمكن ذلك. فوضع المرايا بأيدي الرجال على قوس معلومة، فألقت شعاعاتها على المُحرَق فأحرقته. وإن تأخر المحرق، لحقه شعاع المرايا بتحريك الماسكين لها حتى يوازى / المحرق. وإن دنا المحرق إليها، لحقه الشعاع أيضًا بتحريك تلك المرايا الماسكون لها. فأين كان المحرق من الوضع، أعني في أي مكان كان، فإن شعاع تلك المرايا المنعكس منها يلحقه. ل - ٦١ - و ر - ٤٢ - ظ

فلنضع لذلك مثالاً وهو مرايا جـَ دَ هَ الثلاث الموضوعة على قوس اَ بَ والمحرق جسم زَ.

فأقول: إن شعاع مرآة دَ يخرج حتى يصاك محرق زَ ومنتهاه علامتا حَ طَ. وكذلك شعاع / مرآة جـَ، فإن الشعاع المنعكس منها يلحق المحرق الذي هو جسم زَ، ونهايتاه حَ طَ. وكذلك مرآة هَ، فإن الشعاع المنعكس منها واقع أيضًا على جسم زَ، ونهايتاه حَ طَ. فشعاع المرايا الثلاث مجتمع على جسم زَ، ونهايات الشعاعات الثلاث حَ طَ. فلاجتماعه وتكاثفه على جسم زَ يحدث الإحراق في جسم زَ./ وكذلك إن تأخر جسم زَ إلى أبعد من بعده الذي هو عليه مراراً كثيرة ل - ٦١ - ظ ر - ٤٣ - و

3-4 لأن ... محدودة: ناقصة [ر] – 5 تبلغ: يبلغ [ل] – 7 سطوح: السطوح [ر، ع] / الوجوه: والوجوه [ع] – 8 يرد: مكررة [ر] / رادّ: واد [ر] – 9 فوضع: توضع [ع] – 10 على: إلى [ع] – 11 لحقه شعاع: مكررة [ل] – 13 الماسكون: الماسكين / فأين: بها [ع] – 15 الثلاث: الثلاثة [ع] / الموضوعة: موضوعة [ع، ل] – 17 ومنتهاه: ومنتهاوه [ل] – 18 علامتا: علامتي [ر] / جـَ: فَ جـَ [ع] – 19 يلحق المحرق الذي هو: واقع أيضًا على [ع] / جسم: جنس [ر] / ونهايتاه: ونهايته [ر] / مرآة: لمرآة [ع] – 20 ونهايتاه: ونهايته [ر] – 21 المرايا: المريا [ل] / ونهايات: ونهاية [ر] – 22 يحدث: يحرق [ع].

على موازاة مرآة دَ، فإن شعاع مرآة دَ يلحقه. وكذلك إذا حركت مرآة جَ إلى جهة آ، فإنها تلحقه. وكذلك إذا حركت مرآة هَ إلى جهة بَ، فإنها تلحقه حتى تجتمع الشعاعات على جسم زَ وتكون نهايتاها علامتي حَ طَ كما اجتمعت بديًا.



وكذلك إن قرب جسم زَ إلى مرآة دَ على سمته الذي هو عليه، فإن شعاع مرآة دَ يلحقه / وشعاع مرآة جَ إذا حرك إلى جهة بَ لحقه ر - ٤٢ - ظ أيضًا وشعاع مرآة هَ إذا حرك إلى جهة آ لحقه أيضًا. فجسم زَ إذا قرب فشعاعات المرايا الثلاث / تلحقه وتكون نهايتا الشعاعات علامتي حَ ل - ٦٢ - و طَ. وكذلك أيضًا، جسم زَ إن بَعُد، فإن شعاعات المرايا الثلاث تلحقه وتكون نهايتا الشعاعات اللاحقة له علامتي طَ حَ.

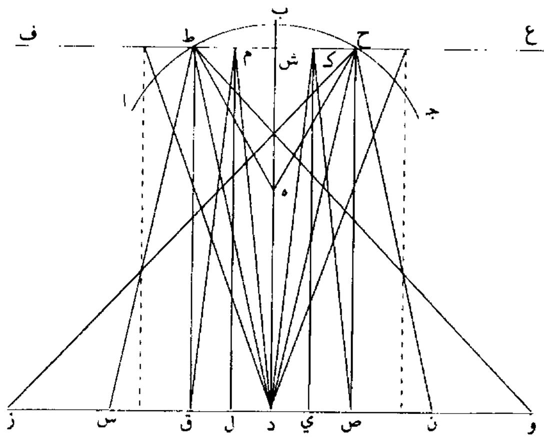
فبهذا النوع أحرق أرشميدس المراكب التي وصف عنه أنه أحرقها؛ لا بالمرآة المحرقة الإحراق المحدود باجتماع الشعاع في نقطة واحدة؛ وذلك ما أردنا بيانه./

1 حركت: خرجت [ر] – 2 حركت: خرجت [ر] – 7 إذا (الثانية): ان [ر] – 8 نهايتا: نهايتي [ر] – 10 نهايتا: نهاية [ر، ل، ع] / طَ حَ: حَ طَ [ر] – 13 بيانه: أن نبين [ع].

〈يا〉 فنريد أن نبين الآن أن المرآة المحرقة ترى الأجسام فيها أكبر ع - ٣٧ - و
من قدرها.

فأقول: إن المرايا التي مساطرها المقومة لسطوحها قطع دوائر تري الأجسام أعظم من قدرها التي تريه المرايا التي مساطرها المقومة لسطوحها خطوط مستقيمة./

مثال ذلك: أن نفرض سطح المرآة مقومًا بمسطرة تكون قوسًا من ر - ٤٤ - و
قطعة دائرة وهي قوس ا ب جـ؛ ونفرض البصر علامة د يخرج منه عمود إلى علامة ب يفصل ا ب جـ بنصفين؛ ونفرض البصر خارجًا عن مركز الدائرة أولاً، أعني أبعد من علامة ب من مركز الدائرة / من ل - ٦٢ - ظ
علامة ب. ونفرض مركز الدائرة علامة ه ونفرض الجرم المبصر هو الخط الموازي لوتر قوس ا ب جـ، هو جرم و ز. ونفرض العلامتين اللتين ينعكس منهما الشعاع من قوس ا ب جـ إلى علامتي و ز علامة ح من قوس جـ ب وعلامة ط من قوس ب ا. ونخرج من ه خطي ح ه ه ط، فهما عمودان على علامتي ح ط؛ فزاويتا ب ح ه جـ ح ه متساويتان. ونخرج من علامة د شعاع د ح وشعاع د ط، فزاوية د ح جـ أصغر من زاوية د ح ب.



3 مساطرها: مساطيرها [ل] / المقومة: للمقومة [ر] - 4 التي: الذي [ع] - 6 مقومًا: مقوم [ر، ل، ع] / قوسًا: قوس [ر] - 7 قطعة: قطع [ر] / يخرج: ويخرج [ع] - 8 خارجًا: خارج [ر] - 13 ه ط: ط ه [ر] - 14 ب ح ه: ح ه [ل].

ونقيم على علامة ح من خط ه ح زاوية ه ح ز / مساوية لزاوية ر - ٤٤ - ظ د ح ه. وقد كانت زاويتا جـ ح ه ه ح ب متساويتين، فتبقى زاويتا جـ ح د ب ح ز متساويتين، فشعاع د ح ينعكس من ح في جهة آ إلى علامة من خط د و، فنفرضها علامة ز. وبهذا التدبير نبين أن الشعاع الخارج من علامة دَ إلى طَ ينعكس إلى جهة جَ إلى علامة من خط د ص، فنفرضها / علامة و. بإخراجنا خطوط د ط ه ط ط و وفرضنا ل - ٦٣ - و زاويتي د ط ه ه ط و متساويتين، فالمبصر بالشعاع الذي نهايتاه خطا د ح د ط المحيطين بزاوية ح د ط المنعكس من علامتي ح طَ يرى أعظم قدراً مما يرى بالمرآة المعتدلة السطح، أعني التي مسطرتها المقوّمة لها خط مستقيم الموازية لجرم و ز.

برهان ذلك: أن نفرض المرآة المعتدلة السطح على خط ع ح ط ف موازية للمبصر الذي هو خط و ز. ونقيم على علامتي ح طَ عمودين في جهة خط/ و ز وهما عمود ح ص من خط و د وعمود ط ق من خط ر - ٤٥ - و ز د، ونقيم على علامة ح من خط ص ح في جهة عَ زاوية مساوية لزاوية د ح ص وهي زاوية ص ح ن؛ فتبقى زاويتا د ح ط ن ح ع متساويتين، فشعاع د ح المنعكس من علامة ح من مرآة ع ح ط ف يقع على علامة نَ من خط و د. وبهذا التدبير نبين أن شعاع د ط المنعكس من علامة طَ من مرآة ع ح ط ف / ينعكس إلى علامة سَ ل - ٦٣ - ظ من خط د ز، إذ نفرض زاوية د ط ق مساوية لزاوية ق ط س. فإن الذي يبصر الآن بزاوية ح د ط من مرآة ا ب جـ المقوسة خط و ز كلّه والذي يبصر بزاوية ح د ط من مرآة ع ح ط ف المستوية السطح خط ن س، فخط و ز أعظم من خط ن س كثيراً.

وأيضًا نتعلم حيث قاطع خط ب د خط مرآة ع ح ط ف علامة شَ، فخطوط ح ص / ش د ط ق أعمدة على خطي ع ف ن س المتوازيين، ر - ٤٥ - ظ وبعدا ح ش ش طَ متساويان، لأنهما كذلك فرضا، إذ / قوس ا ب ل - ٦٤ - و فرضت مثل قوس ب جـ. وبُعدا د و د ز متساويان أيضًا لأن شعاع

2 متساويتين: متساويتان [ر، ع] - 3 متساويتين: متساويتان [ر، ع] - 7 متساويتين: متساويان [ع] / فالمبصر: والمبصر [ر، ل] / نهايتاه: نهايته [ر] - 8 ح د ط: ح ر ط [ل] - 12 ح: ه [ر، ل] - 13 عمود (الأولى): عمودا [ر، ل، ع] - 14 ع: ناقصة [ع] - 16 متساويتين: متساويتان [ر] - 17 على: في الهامش [ر] / نَ: كتبها «ر» في هذا الشكل - 22 ن س (الأولى والثانية): ر س [ر، ل] - 23 نتعلم: يتعلق [ر] - 25 وبعدا: وبعد [ر، ل، ع] - 26 وبعدا: وبعد [ر، ل].

د ح انعكس من مرآة ا ب جـ من ح إلى ز وشعاع د ط من مرآة ا ب جـ انعكس أيضًا من ط إلى و. ونقسم خط د ص بنصفين على علامة ي ونقيم على علامة ي عمودًا / وهو خط ي كـ، وكـ من خط ح ش؛ [ر - ٤٦ - و] ونقسم خط د ق بنصفين على علامة ل ونقيم على علامة ل عمودًا وهو خط ل م، وم من خط ش ط. ونخرج / خطوط د كـ كـ ص د م م ق، [ع - ٣٧ - ظ] فزاويتا ص كـ ي ي كـ د متساويتان، فتبقى زاويتا د كـ ط ص كـ ع متساويتين، فشعاع د كـ ينعكس من علامة كـ إلى علامة ص. وبهذا التدبير نبين أن شعاع د م ينعكس من علامة م إلى علامة ق. فإذًا خط و ز يبصر بزاوية ح د ط العظمى من مرآة ا ب جـ المقوسة وبزاوية كـ د م الصغرى من مرآة ع ح ط ف المستوية الوترية.

والذي يرى / بزاوية أعظم يُرى أعظم. فإذًا خط و ز كلّه يرى [ل - ٦٤ - ظ] بمرآة ا ب جـ المقوسة أعظم مما يرى بمرآة ع ح ط ف المستوية الوترية؛ وذلك ما أردنا بيانه./

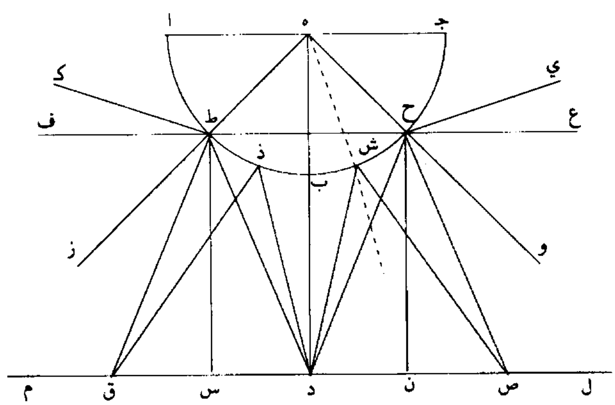
وبهذا التدبير نبيّن أن مثل ذلك يعرض في القوسية السطح إذا [ر - ٤٦ - ظ] كان البصر أقرب إليها من مركز دائرتها إلا أن الشيء منها يرى في جهته ويرى أعظم من قدره لما قدّمنا.

<يب> ونبين أيضًا أن المرآة المقببة، أعني الذي سطحها الذي يُري الأشياء كسطح قطعة كرة، تري الأجرام أصغر قدرًا مما ترى في المرايا المعتدلات السطوح من العلامات التي <يكون> بُعدها من البصر بعدًا واحدًا إذا كانت أقطار المرايا موازية أقطار المبصرات ويكون قطر المرآة المعتدلة هو مثل قطر المرآة الكرية السطح.

مثال ذلك: أن نفرض المرآة الكرية قوس ا ب جـ وموضع البصر علامة د، ونخرج خط د ب – ونفرض ب تقسم قوس ا ب جـ بنصفين – وينتهي إلى مركز دائرة قوس ا ب جـ، ونفرضه علامة ه، أعني المركز. / ونخرج / الشعاع من د إلى علامتين من قوس [ل - ٦٥ - و] [ر - ٤٧ - و]

3 عمودًا: عمود [ر، ل، ع] – 4 عمودًا: عمود [ر، ع] – 5 د كـ: ز كـ [ر، ل] / كـ ص: كـ و [ر، ل، ع] / م ق: م ر [ل]– 6 ص كـ ع: و كـ ع [ر، ل، ع] – 7 متساويتين: متساويتان [ر، ل، ع] / ص: ق [ر] و [ل] – 8 ق: ز [ر، ل، ع] – 9 ح د ط: ح ر ط [ل] – 14 في: ناقصة [ر].

اب جـ وهما علامتا ح ط. ونفرض علامة ح آخر علامة من قوس ب جـ يمكن أن ينعكس منها شعاع يخرج من علامة د في جهة آ، ونخرج خط ح ه، ونخرجه على استقامة ح ه من علامة ح إلى و كيف وقع، و‹نخرج› خط ه ط ‹ونخرجه› على استقامة ه ط من ط إلى ز كيف وقع. ونقيم على علامة ح من خط ح و زاوية في جهة جـ مثل زاوية د ح و وهي زاوية و ح ي. فزاويتا و ح جـ ب ح و متساويتان لأن خط ه و خرج من مركز دائرة قوس اب جـ. ونقيم على علامة ط من خط ز ط في جهة آ زاوية ز ط ك مساوية لزاوية د ط ز. فبين أن زاوية ا ط ز مساوية لزاوية ب ط ز، فشعاع د ح ينعكس من ح إلى علامة ي وشعاع د ط ينعكس من ط إلى علامة ك. ونفرض المرآة المعتدلة السطح مرآة ع ح ط ف، ونقيم على علامة ح عموداً ينتهي/ ر - ٤٧ - ظ
إلى / علامة ن من خط ل م وعلى علامة ط عموداً ينتهي إلى علامة ل - ٦٥ - ظ
س من خط ل م أيضًا. ونقيم على علامة ح من خط ح ن في جهة ل زاوية مساوية لزاوية د ح ن / وهي زاوية ن ح ص. ونفرض ص من خط ل م، فتبقى زاويتا ط ح د ص ح ع متساويتين، فشعاع د ح



2 ينعكس: نعكس [ل] / يخرج: يحرى [ع] – 6 و ح جـ: ي ح و [ر، ل، ع] / ب ح و: جـ د و [ر، ل] د ح و [ع] – 9 لزاوية: زاوية [ر، ل] / د ح: ر ح [ل] – 10 إلى: على [ع] – 11 المعتدلة: المتعدلة [ر] / ع ح ط ف: ح ع ط ف [ر، ل، ع] – 12 من خط ل م: ناقصة [ع] / على: من [ر، ل، ع] / س: ح [ع] – 13 ونقيم: ونخط [ع] – 14 ن ح ص: ر ح ص [ل] / ص: س [ر] – 15 متساويتين: مساويتين [ل] مساويتان [ر] / د ح: ب ح [ل].

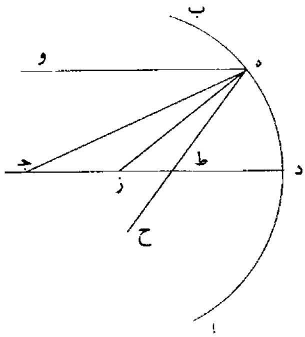
ينعكس من علامة ح من خط ع ف إلى علامة ص من خط ل م. ونقيم على علامة ط من خط س ط في جهة م زاوية س ط ق من خط ل م مساوية لزاوية س ط د، فتبقى زاوية ف ط ق مثل زاوية د ط ع؛ فشعاع د ط ينعكس من علامة ط من جهة ع ف إلى علامة ق، فخط ص ق يبصر بزاوية ح د ط من مرآة ع ح ط ف المعتدلة. والشعاع الذي يقع على علامة ص هو شعاع د ح المنعكس من علامة ح إلى ص، والذي يقع على علامة ق هو شعاع د ط المنعكس / من علامة ط إلى ر - ٤٨ - و ق. فإن كان شعاع / د ح ينعكس من علامة ح من ظهر مرآة ا ب جـ ل - ٦٦ - و القوسية إلى علامة ي، فإذاً الشعاع المنعكس من قوس ح ب ط إلى علامة من خط ل م إنما ينعكس من علامة من قوس ب ح فيما بين ب إلى ح. فنفرض الشعاع الخارج من د إلى قوس ب ح شعاع د ش ينعكس إلى علامة ص من علامة ش، وص من خط ل م وش من قوس ب ح. / ونفرض أيضًا الشعاع الخارج من د إلى قوس ب ط شعاع ل - ٦٦ - ظ د ذ ينعكس إلى علامة ق من علامة ذ، وق من خط ل م وذ من قوس ب ط. فقوس ش ب ذ أصغر من قوس ح ب ط، فزاوية ح د ط أعظم من زاوية ش د ذ التي هي بعضها. والذي يرى بزاوية أصغر يرى أصغر، وخط ص ق يرى من ظهر مرآة ا ط ب ح جـ القوسية بزاوية ش د ذ الصغرى ويرى من مرآة / ع ح ط ف المعتدلة السطح بزاوية ر - ٤٨ - ظ ح د ط العظمى. فإذاً خط ص ق يرى في مرآة ا ب جـ الكرية القوسية أصغر مما يرى في سطح مرآة ع ح ط ف المعتدلة السطح؛ وذلك ما أردنا بيانه.

⟨يح⟩ ونبيّن أيضًا أن المرآة التي باطنها باطن كرة أنها تري الأشياء في أضداد مواضعها، أعني في غير مواضعها، إذا كان الناظر منها خارجًا عن مركز كرتها، أعني أبعد منها من مركز / كرتها. ل - ٦٧ - و

2 س ط: ط س [ل، ع] – 3 لزاوية: زاوية [ر، ل] / د ط ع: ر ط ع [ل] – 4 ص ق: ص ف [ل] – 5 ع ح ط ف: ح ط ف [ر، ل] – 8 مرآة: المرآة، ثم ضرب على «الـ» [ر] – 10 ب: د [ع] – 13 الشعاع: ناقصة [ر] / ب ط: ز ط [ل] / د ذ: د ز [ر] ر د [ل] – 15 ح ب ط: ح ب د [ل] / ح د ط: ح ب ط [ر، ل، ع] – 16 ش د ذ: س ب د [ر، ل، ع] – 17 ص ق: س ق [ر، ل] / ش د ذ: س ب ذ [ر، ل، ع] – 18 ع ح ط ف: ع ط ف [ع] / ح د ط: ح جـ ط [ر، ل] ح ب ط [ع] وأثبت الدال فوقها [ع] – 19 ص ق: ص ف [ل] – 20 مرآة: ناقصة [ر] / بيانه: أن نبين [ع] – 22 أعني: الذي [ر] – 23 خارجًا: خارج [ر].

مثال ذلك: لتكن قوس ا ب / من سطح هذه المرآة والناظر في ر - ٤٩ - و موضع جـ وهو أبعد من المركز من قوس ب ه ا. ونفرض الخط الخارج من جـ إلى القوس خط جـ د يمرّ على المركز ز.

فأقول: إن شعاع جـ ه لا ينعكس إلى جهة ب كخط ه و، بل إلى جهة ا ينعكس كخط ه ح، فيرى الناظر من علامة جـ على نقطة ه الشيء الذي كان ينبغي أن/ يراه في موضع و يراه في موضع ح؛ ع - ٣٨ - ظ وعلامة ح هي ‹في› خلاف جهة ه لأن ه في جهة قوس ب د وح في جهة قوس ا د.



برهان ذلك: أيضًا أن الشعاعات تنعكس من السطوح التي تقع عليها على زوايا متساوية كما قدّمنا. فخط ز ه الخارج من المركز يصير زاويتي ز ه د ز ه ب متساويتين. فإذاً خط جـ ه يصيّر زاوية جـ ه د أعظم من زاوية جـ ه ب، فليس / يمكن أن ينعكس منها شعاع في جهة ل - ٦٧ - ظ ب كـ ه و وتكون زاوية / جـ ه د مساوية لزاوية و ه ب لأن جـ ه ب ر - ٤٩ - ظ التي هي أعظم من و ه ب أصغر من جـ ه د. فإنما يمكن إذن أن ينعكس الشعاع إلى جهة ا كخط ه ح؛ فإنه يمكن أن تكون زاوية ح ه د مساوية زاوية جـ ه ب.

1 لتكن: ليكون [ر، ل، ع] – 2 أبعد من: كتب بعدها «سطح هذه المرآة»، ثم ضرب عليها بالقلم [ر] / ب ه ا: ب ا ه [ر، ل] ب ا [ع] – 3 المركز: كتب بعدها «والمركز والمركز» [ر] – 9 أيضًا: ناقصة [ع] / الشعاعات: الشعاع [ر] – 10 زوايا: زوايا قائمة [ع] – 11 زاويتي ... يصير: ناقصة [ع] / ز ه د: ز د ه [ر، ل] / يصير: مصير [ر] – 13 لأن: لأن خط [ر] – 15 كخط: ناقصة [ع] / فإنه ... تكون: ناقصة [ع] / ح ه د: ه ح د [ر، ل].

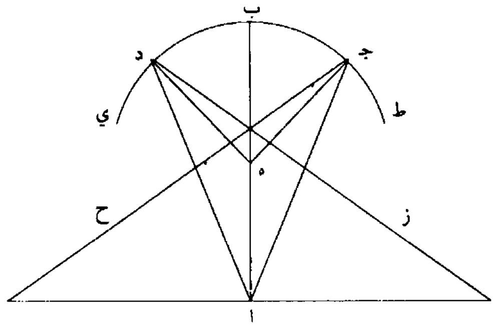
وبهذا التدبير نبين أنه إن كان الناظر ينظر من ز التي هي المركز، لم ينعكس الشعاع لا إلى جهة آ ولا إلى جهة ب؛ لا إلى جهة آ لأنه ليس يمكن أن تكون زاوية د ه ح مساوية زاوية و ه ز لأن زاوية ز ه د مثل زاوية ز ه ب، فزاوية ح ه د أصغر من زاوية ز ه د؛ وأيضًا ولا إلى جهة ب، لأن زاوية و ه ب بعض ز ه د، لأن ز ه د مثل ز ه ب. فإذا كان الناظر خارجًا عن المركز أبعد من سطح المرآة من المركز، لم ير الأشياء إلا في أضداد مواضعها؛ وأما إذا كان في المركز، فإنه لا يرى الأشياء في / خلاف مواضعها، ولا يرى / إلا بما كان على خط شعاع ل - ٦٨ - و ر - ٥٠ - و ه ز لأنه ينعكس على ذاته، أعني أنه ينبثّ من الناظر من ز الشعاع إلى ه ويرجع على خط ه ز إلى ز.

فأما إذا كان أقرب إلى سطح المرآة من ز التي هي المركز، فإنه يرى ما في جهة آ بالعلامات التي في جهة آ من قوس د آ وما في جهة ب بالعلامات التي في جهة ب من قوس ب د، كخط ه ط، والناظر علامة ط؛ فإن زاوية ط ه د أصغر من زاوية ز ه ب التي هي مثل ز ه د. فيمكن أن ينعكس من ه إلى و لأنه يمكن أن تصير زاوية و ه ب مساوية زاوية ط ه د. فإذًا زاوية / ط ه د أصغر من زاوية ط ه ب ل - ٦٨ - ظ كثيراً؛ وذلك ما أردنا بيانه./

<يد> ونبيّن أيضًا في هذه المرآة أنها تري اليمين يساراً واليسار ر - ٥٠ - ظ يمينًا.

فنقول: كل مرآة بَرْبَخية السطح المؤدّي ما قيل تكون مسطرتها المقوّمة لها قطعة من دائرة وشكلها كشكل قطعة أسطوانة مشقوقة طولاً تحيط بقاعدتيها قطعتان من سطح دائرة واحدة متساويتان – يلقى بها الناظر حتى يكون الخط الخارج من الناظر الواقع على الخط القاسم لها طولاً بنصفين – ويكون كل واحدة من قاعدتيها موازية لسطح الأفق ومركز قوسها فيما بين البصر وبينها، فإنها تري ما كان في يمين الناظر في شمال المرآة وما كان في شمال الناظر في يمين المرآة.

2 لا إلى جهة آ (الثانية): ناقصة [ر، ل] – 6 خارجًا: خارج [ر، ل، ع] / أبعد: بعيد [ر، ل، ع] / ير: يرى [ر] – 7 لا: ناقصة [ر] – 8 بما: ما [ر] – 12 في (الأولى): ناقصة [ل] – 12-13 آ من ... في جهة: ناقصة [ر] – 18 يساراً: يسار [ر] / يمينًا: يمين [ر] – 20 كشكل: شكل [ع] – 21 قطعتان: قطعتين [ر، ع] – 22 متساويتان: متساويتين [ر، ل، ع] – 24 موازية: الموازية [ع] – 25 فإنها: فا [ر] / تري: مكررة [ر].



مثال ذلك: أن نفرض قوس ط ي إحدى القسي التي تفصل المرآة عرضاً فيتوازى بها قوس نهايتها، ويكون خط النظر الواقع منها / على ل - ٦٩ - و نقطة تفصلها بنصفين، وهو خط ا ب،/ وعلامة ب قد فصلت قوس ر - ٥١ - و ط ي بنصفين وعلامة ا الناظر، وقاعدة شعاع الناظر قوس جـ ب د، فقوس جـ ب مثل قوس د ب، والشكل الصنوبري الشعاعي الخارج من البصر يحيط / بالمثلثة الفاصلة له بنصفين من علامة البصر إلى قوس ع - ٣٩ - و جـ د هو مثلث جـ ا د؛ وخطوطه المحيطة به خطا ا جـ ا د المستقيمان وقوس جـ د؛ ومركز قوس ط ي نقطة ه من خط ا ب، فإن خطوط ه جـ ه ب ه د متساوية لأنها من المركز إلى المحيط، والزوايا التي عن جنبات هذه الخطوط الثلاثة التي هي خطوط ه جـ ه ب ه د متساوية. فإذاً زاوية ه جـ ب وزاوية ه جـ ط متساويتان وخط ا جـ قد قسم زاوية ه جـ ط بنصفين، فزاوية ا جـ ط أصغر من زاوية ه جـ ب المساوية / ل - ٦٩ - ظ لزاوية ه جـ ط. فليس يمكن أن ينعكس شعاع ا جـ إلى جهة / ط لأنه ر - ٥١ - ظ لا يمكن أن ينعكس إلا بزاوية مساوية ا جـ ب، إذ الشعاعات تنعكس على زوايا متساوية من القسي والأوتار في بواطن القسي وعلى ظهورها. فإذاً إنما يمكن أن ينعكس إلى جهة ي من القوس لأن زاوية

4 جـ ب د : ب جـ د [ر، ل] – 7 خطا : خطي [ر، ل، ع] / المستقيمان : المستقيمين [ر، ل، ع] – 11 متساويتان : متساويتين [ر، ل] – 13 ه جـ ط : جـ ه ط [ل] / فليس : كررها، ثم ضرب عليها بالقلم [ر] / لأنه : لان [ر] – 14 ا جـ ب : جـ ب [ل].

ا جـ ب أعظم من زاوية ا جـ ط، فنفرض الشعاع المنعكس خط جـ ح، فكل شيء كان على خط جـ ح يرى من المرآة على علامة جـ. وبهذا التدبير نبين أن شعاع ا د ينعكس في جهة ط كخط د ز.

فأما إن كان المركز أبعد من نقطة ب من نقطة ا من ب، فإن الشعاع / الذي يخرج من ا إلى جـ ينعكس إلى جهة ط. وكذلك شعاع [ل - ٧٠ - و] ا د ينعكس من د إلى جهة ي. مثلاً: أقول إن نرسم ه في موضع ا وا في موضع ه ليكون ه أبعد من ا، فإن ه إذ هي مركز قوس ط ي، فإن زاويتي ه جـ ط ه جـ ب متساويتان، فليس يمكن أن ينعكس الشعاع الذي هو شعاع / ه جـ إلا على نفسه ولا واحد من الشعاعات. فإذاً إنما يرى [ر - ٥٢ - و] الشيء في موضعه كل شعاع ينعكس على نفسه، فيرى الأشياء في مواضعها. فإن قلبت هذه المرآة حتى يصير سطحها قاعدتيها قائمتين على سطح الأفق على زوايا قائمة، فإنها يرى الفوق أسفل والأسفل فوق، والتدبير واحد؛ لأن القوس حينئذ التي يقع عليها عمود النظر، تكون منتصبة على الأفق على زوايا قائمة، والتدبير واحد؛ وذلك ما أردنا بيانه./

فقد فرغنا من الشعاعات الخارجة من البصر الواقعة على المرايا [ل - ٧٠ - ظ] الصقيلة، وكيف تحرق المرايا، وكيف تُري الجسم الصغير كبيراً والكبير صغيراً والأيسر أيمن والأيمن أيسر والأسفل أعلى والأعلى أسفل والوجه مقلوباً وغير ذلك، وكلما عرض في ذلك.

1 ا جـ ب: جـ ب [ل] – 3 جهة: سطح [ع] – 9 ولا: على [ع] – 15 بيانه: ناقصة [ع].

المراجع

١ ـ العربية

كتب

ابن أبي أصيبعة، أبو العباس أحمد بن القاسم. **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**. شرح وتحقيق نزار رضا. بيروت: دار مكتبة الحياة، [١٩٦٥].

ابن النديم، أبو الفرج محمد بن اسحق. **الفهرست**. تحقيق رضا تجدد. طهران: مكتبة الأسدي، ١٣٥٠ هـ/ ١٩٧١ ـ ١٩٧٢م. ١٠ ج.

ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن. **مجموع الرسائل**. حيدر آباد: دائرة المعارف العثمانية، ١٣٥٧ هـ/١٩٣٨ ـ ١٩٣٩م.

شروح على أرسطو مفقودة في اليونانية ورسائل أخرى. حققها وقدم لها عبد الرحمن بدوي. بيروت: دار المشرق، ١٩٨٦.

الطوسي، نصير الدين. **كتاب المناظر**. حيدر آباد: [د.ن.]، ١٣٥٨هـ/ ١٩٣٩م.

القفطي، أبو الحسن علي بن يوسف. **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**. [تحقيق] يوليوس ليبرت. ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣.

كحالة، عمر رضا. **معجم المؤلفين: تراجم مصنفي الكتب العربية**. بيروت: [د.ن.، د.ت.].

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن اسحق. **رسائل الكندي الفلسفية**. حققها وأخرجها محمد عبد الهادي أبو ريدة. القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣. ٢ ج.

ـــــ. **في الصناعة العظمى**. تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد. قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧.

ـــــ. **مطارح الشعاع: أقدم مخطوطة عربية في المناظر (المرايا المحرقة)**. نشر وتعليق محمد يحيى الهاشمي. حلب: [الهاشمي]، ١٩٦٧.

معاني، أ.ك. **فهرست كتب خطي كتبخانا آستان قدس رضي**. [د.م.: د.ن.]، ١٣٥٠ هـ/١٩٣١م.

ياقوت الحموي، شهاب الدين أبو عبد الله. **معجم الأدباء: إرشاد الأريب إلى معرفة الأديب**. تحقيق إحسان عباس. بيروت: دار الغرب الإسلامي، ١٩٩٣. ٧ ج.

اليعقوبي، أحمد بن أبي يعقوب. **تاريخ اليعقوبي**. بيروت: دار صادر، ١٩٩٢.

مخطوطات

ابن عيسى، أحمد. **كتاب المناظر والمرايا المحرقة على مذهب إقليدس في علل البصر**. Istanbul, Laleli 2759; Istanbul, Süleymaniye, Ragip Paşa 934, and Vatican, Heb. 378.

ابن الهيثم، محمد. **في شرح المجسطي**. Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3329.

أقليدس. **علم المناظر**. القاهرة، دار الكتب، رياضة ٢٦٠؛ Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3494; Leyde, Or. 133; Vaticanus. gr. 204, and Vindobonensis phil. gr. 103.

ـــــ. **المناظر**. تحرير ابن أبي جرادة. القاهرة، دار الكتب، رياضة ٦٣٨.

ـــــ. ـــــ. تحرير الطوسي. دمشق، المكتبة الوطنية، ٣/٥٦٤٨؛ القاهرة، دار الكتب، رياضة ٦/٤٠؛ مشهد ٥٤٢٨؛ Columbia 3616-1, Plimpton Or. 306; Istanbul, Atif 1712/4; Istanbul, Aya Sofya 2760; Istanbul Koprülü 931; Istanbul, Selim Aga 743; Istanbul, Topkapı Saray, Ahmet III 3457, and Paris , B.N. 5974.

الحاسب، عطارد. **الأنوار المشرقة في عمل المرايا المحرقة**. Istanbul, Süleymaniye, Laleli 2759/1.

قسطا بن لوقا. **كتاب في علل ما يعرض في المرايا من اختلاف المناظر.**
Āstan Quds 5593.

الكحال، صلاح الدين. **نور العيون في جامع الفنون.** Paris, B.N. 3008.

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن اسحق. **رسائل أبي يوسف الكندي.**
Istanbul, Izmirli Haqqi 1647.

ـــــ. **في تقويم الخطأ والمشكلات التي لأوقليدس في كتابه الموسوم بالمناظر.** قم، مرعشي نجفي، ٧٥٨٠.

ـــــ. **في الشعاعات الشمسية.** باتنا، خودا بخش ٢٠٤٨.

مؤلف مجهول. **من المناظر.** القاهرة، دار الكتب، رياضة ٤٠؛ Istanbul, Atif 1712, and Paris, Bibliothèque nationale 2467/2.

دوريات

الدمرداش، أ.س. «نصير الدين الطوسي وكتابه تحرير المناظر لأوقليدس.» **مجلة مخطوطات الجامعة العربية في الق3اهرة**: السنة ٩، ١٩٦٣.

٢ ـ الأجنبية

Books

Aristote. *De Anima*. Ed. W. D. Ross. Oxford: Oxford University Press, 1988.

——. ——. Trad. J. Tricot. Paris: Vrin,, 1959.

——. *Météorologiques*. Texte établi et traduit par Pierre Louis. Paris: Belles lettres, 1982. 2 vols. (Collection des universités de France; 0184-7155)

——. *Problèmes*. Texte établi et traduit par Pierre Louis. Paris: Belles lettres, 1991-1994. 3 vols. (Collection des universités de France; 0184-7155)

Aristoteles Latinus: Codices. Descripsit Georgius Lacombe in societatem operis adsumptis A. Birkenmajer, M. Dulong, Aet. Franceschini. Editio nova, ad editionem romanam anni 1939 phototypice expressa, addito corrigendorum elencho. [Paris]: Bruges, Desclée, de Brouwer, 1957-. (Corpus Philosophorum Medii Aevi)

Björnbo, Axel Anthon und Sebastian Vogl (eds.). *Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid*. Leipzig: B.G. Teubner, 1912. (Abhandlungen

zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften; heft 26, 3)
Canart, Paul e Vittorio Peri. *Sussidi Bibliografici per i Manoscritti Greci della Biblioteca Vaticana.* Città del Vaticano: Biblioteca Apostolica Vaticana, 1970. (Studi e Testi; 261)
Les Catoptriciens grecs. Textes établis, trad. et commentés par Roshdi Rashed. Paris: Belles lettres, 2000. (Collection des universités de France. Série greeque; 400)
Vol. 1: *Les Miroirs ardents.*
Clagett, Marshall. *The Science of Mechanics in the Middle Ages.* Madison, MA: University of Wisconsin Press, 1959. (University of Wisconsin. Publications in Medieval Science; 4)
—— (ed.). *Archimedes in the Middle Ages.* Madison, MA: University of Wisconsin Press, 1964-. (University of Wisconsin. Publications in Medieval Science; 6)
Vol. 1: *The Arabo-Latin Tradition.*
Crombie, A.C. *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700.* Oxford: Clarendon Press, 1953.
Dain, Alphonse. *Les Manuscrits.* Paris: Belles lettres, 1949. (Collection d'études anciennes)
Damianos. *Schrift über Optik.* ed. K. Schöne. Berlin: [n. pb.], 1897.
Die Arabischen Augenarzte nach den Quellen. Berabeitet von J. Hirschberg, J. Lippert und E. Mittwoch; erster-[zweiter] Theil. Leipzig: Veit, 1904-1905. 2 vols in 1.
Vol 1. Tome1: *Ali Ibn Isa, Erinnerungsbuch fur Augenarzte.* Aus Arabischen Handschriften ubersetzt und Erlautert von J. Hirschberg und J. Lippert.
Vol 2. Tome1: *Ammar B. Ali al-Mausili, Das Buch der Auswahl von den Augenkrankheiten. Halifa al-Halabi, Das Buch vom Genugenden inder Augenheilkunde. Salah ad-Din, Lichte der Augen...* Von J. Hirschberg, J. Lippert und E. Mittwoch.
Diophante. *Les Arithmétiques.* Texte établi et traduit par Roshdi Rashed. Paris: Belles lettres, 1984-. (Collection des universités de France; 0184-7155)
Euclide. *L'Optique et la catoptrique: Oeuvres traduites pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke.* Paris: [s. n.], 1959.
Euclidis Opera Omnia. Ediderunt J. L. Heiberg et H. Menge. Lipsiae: B.G. Teubner, 1945. 9 vols.
Vol. 7: *Euclidis Optica, Opticorum Recensio Theonis, Catoptrica, cum Scholiis Antiquis.*
Al-Farabi, Abu Nasr Muhammad Ibn Muhammad. *Catálogo de las Ciencias.* Ed. y. traducción castellana por Angel González

Palencia. 2nd ed. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Patronato Menéndez y Pelayo, Instituo Miguel Asín, 1953.

Federici-Vescovini, Graziella. *Studi sulla Prospettiva Medievale.* Torino: G. Giappichelli, 1965. (Publicazioni della Facoltà di Lettere e Filosofia, Università di Torino; v.16, fasc. 1)

France, bibliothèque nationale, département des manuscrits, centre de recherche sur les manuscrits enluminés. *Manuscrits enluminés d'origine italienne.* Paris: La Bibliothèque, 1980-. (Manuscrits enluminés de la bibliothèque nationale)

Vol. 1: *VIe-XIIe siècles.* [Rédigé] par François Avril et Yolanta Zaluska.

Vol. 2: XIIIe siècle. [Rédigé] par François Avril et Marie-Thérèse Gousset avec la collaboration de Claudia Rabel.

Galen. *De Placitis Hippocratis et Platonis.* Ed. and trans. by P. de Lacy. Paris: [s. n.], 1978. (Corpus Graecorum Medicorum; VII)

Gavroglu, Kostas, John Stachel and Marx W. Wartofsky (eds.). *Physics, Philosophy, and the Scientific Community: Essays in the Philosophy and History of the Natural Sciences and Mathematics in Honor of Robert S. Cohen.* Dordrecht; Boston, MA: Kluwer Academic, 1995. (Boston Studies in the Philosophy of Science; v. 163)

Gillispie, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of Scientific Biography.* New York: Scribner, [1970-1980]. 16 vols.

Goulet-Cazé, Marie-Odile, Goulven Madec et Denis O'Brien (dirs.). *[Sophies Maietores] = Chercheurs de sagesse: Hommage à Jean Pépin.* Paris: Institut d'études augustiniennes, 1992. (Collection des études augustiniennes. Série antiquité, 1158-7032; 131)

Grant, Edward (ed.). *A Source Book in Medieval Science.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1974. (Source Books in the History of the Sciences)

Gundisalvo, Domingo. *De Scientiis: Compilación a Base Principalmente de la [Maqalah fi Ihsa al-Ulum] de al-Farabi.* Texto latino establecido por Manuel Alonso Alonso. Madrid: [Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Grenada], 1954.

Heiberg, J. L. *Litterargeschichtliche Studien über Euklid.* Leipzig: B.G. Teubner, 1882.

Hero, of Alexandria. *Opera quae Supersunt Omnia....* ed. by W. Schmidt [et al.]. Lipsiae: B.G. Teubner, 1899-1900. 5 vols. (Bibliotheca Scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana)

——. ——. Stuttgart: [n. pb.], 1976.

Hultsch, F. (ed.). *Pappi Alexlandrini Collectio*. Berlin: [n. pb.], 1876. 3 vols.

Huxley, George Leonard. *Anthemius of Tralles: A Study of Later Greek Geometry*. Cambridge, MA: [n. pb.], 1959. (Greek, Roman and Byzantine Monographs; no.1)

Ibn Aflaḥ. *Gebri filii Affla Hispalensis de Astronomia Libri IX*. Trad. P. Apian. Nuremberg: [s.n.], 1534.

Ibn Ishaq, Hunain. *The Book of the Ten Treatises on the Eye Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809-877 A.D.)*. The Arabic text edited from the only two known manuscripts, with an english translation and glossary, by Max Meyerhof. Cairo: Government Press, 1928. 2 pts. (Publications de l'université égyptienne, faculté de médecine; no. 1. bis.)

Ibn al-Munajjim, Ali Ibn Yahya. *Une Correspondance islamo-chrétienne entre Ibn al-Munaggim, Hunayn Ibn Ishaq et Qusta Ibn Luqa*. Introduction, édition, divisions, notes et index par Khalil Samir; introduction, traduction et notes par Paul Nwyia. Turnhout, Belgique: Brepols, 1981. (patrologia orientalis; t. 40, fasc. 4 = no. 185)

Kongelige Danske Videnaskabernes Selskab. *Historisk-filologiske Meddelelser*. ed. by. J. L. Heiberg. Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1927. 36 vols.

Lejeune, Albert. *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*. Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux de «recueil», 1948. (Université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philosophie; 3. sér., 31 fasc.)

——. *Recherches sur la catoptrique grecque d'après les sources antiques et médiévales*. [Bruxelles: Palais des académies, 1957]. (Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Classe des lettres et des sciences morales et politiques. Mémoires. Collection inoctavo; t. 52, fasc. 2)

Lindberg, D.C. *Studies in the History of Medieval Optics*. London: Variorum, 1983. (Collected Studies Series; CS 186)

——. *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1976. (University of Chicago History of Science and Medicine)

La Magie arabe traditionnelle... . Introduction et notes bibliographiques de Sylvain Mattan. Paris: Retz, 1976. (Bibliotheca Hermetica)

The Optics of Ibn al-Haytam. Books I-III, on Direct Vision. Translated with introduction and commentary by A. I. Sabra. London: University of London, Warburg Institute, 1989. (Studies of the Warburg Institute; v. 40)

Pappus d'Alexandrie. *La Collection mathématique: Oeuvre traduite pour la première fois du grec en français avec une introduction et des notes par Paul ver Eecke...* . Nouveau tirage. Paris: [s. n.], 1982.

Proclus Arabus; Zwanzig Abschnitte aus der Institutio Theologica in Arabischer Übersetzung. Eingeleitet, herausgegeben und erklärt von Gerhard Endress. Beirut: Orient-Institut der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft, 1973. (Beiruter Texte und Studien; Bd. 10)

Ptolémée. *L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile.* Edition critique et exégétique augmentée d'une traduction française et de compléments par Albert Lejeune. Leiden; New York: E. J. Brill, 1989. (Collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 31)

Rashed, Roshdi. *Géométrie et dioptrique au Xᵉ siècle: Ibn Sahl, al-Quhi et Ibn al-Haytham.* Paris: Belles lettres, 1993. (Collection sciences et philosophie arabes. Textes et études; 0761-2613)

——. *Optique et mathématiques: Recherches sur l'histoire de la pensée scientifique en arabe.* Aldershot, [Hampshire]: Variorum; Brookfield, VT: Ashgate Pub. Co., 1992. (Collected Studies Series; CS378)

—— (ed.). *Encyclopedia of the History of Arabic Science.* In collaboration with Régis Morelon. London; New York: Routledge, 1996. 3 vols.

Vol. 1: *Astronomy-theoretical and Applied.*

Vol. 2: *Mathematics and the Physical Sciences.*

Vol. 3: *Technology, Alchemy and Life Sciences.*

Sezgin, Fuat (hrsg.). *Augenheilkunde im Islam: Texte, Studien und Übersetzungen.* Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, 1986. 4 vols. (Veröffentlichungen des Institutes für Geschichte der Arabisch-islamischen Wissenschaften. Reihe B, Nachdruck. Abteilung Medizin; Bd. 3)

Simon, Gérard. *Le Regard, l'être et l'apparence dans l'optique de l'antiquité.* Paris: Seuil, 1988. (Des travaux)

Steinschneider, Moritz. *Die Arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen.* Graz: Akademische Druck-U. Verlagsanstalt, 1960.

Stüve, G. (ed.). *In Aristotelis Meteora Commentaria.* G A G III 2. [Arist. 37 a18].

Supplement Altera. Edidit Laurentius Minio-Palluelo. [Paris]: Bruges, Desclée, de Brouwer, 1961. (Corpus Philosophorum Medii Aevi)

Takahashi, Kenichi. *Medieval Latin Traditions of Euclid's «Catoptrica»: Toward a Critical Edition of De Speculis.* With an introduction, english translation and commentary. [Fukuoka, Japan]: Kyushu University Press, 1992.

Turyn, Alexander (comp.). *Codices Graeci Vaticani Saeculis XIII et XIV Scripti Annorumque Notis Instructi.* Vaticana: [n. pb.], 1964. (Vatican. Biblioteca Vaticana. Codices e Vaticanis Selecti quam Simillme Expressi [Ser. Major]; v. 28]

Vogel, Marie und Victor Gardthausen. *Die Griechischen Schreiber des Mittelalters und der Renaissance.* Hildesheim: G. Olms, 1966.

——. ——. Leipzig: O. Harrassowitz, 1909. (Beihefte zum Zentralblatt für Bibliothekswesen; xxxiii)

Wiedemann, Eilhard Ernst Gustav (comp.). *Aufsätze zur Arabishen Wissenschaftasgeschichte.* Mit einem vorwort und indices hrsg. von Wolfdietrich Fischer. Hildesheim; New York: G. Olms, 1970-. (Collectanea; 6/1-)

Vols. 1-2: *Aus den Sitzungsberichten der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zur Erlangen, Bd. 45-60.*

Manuscripts

Al-Kindi. *De Aspectibus.* Bâle, Öffentliche Bibliothek der Universität, F. II. 33; Cracovie, Bibl. Jagiellonska 569; Milan, Bibliotheca Ambrosiana, T 100 Sup; Milan, Bibliotheca Ambrosiana, P 21 Sup; Oxford, Bodleian Library, Corpus Christi College 254; Oxford, Bodleian Library, Ashmole 357; Oxford, Bodleian Library, Saville 24; Oxford, Bodleian Library, Digby 168; Paris, Bibliothèque nationale, lat. 9335; Paris, Bibliothèque nationale, lat. 10260; Rome, Biblioteca Nazionale Centrale 2548; Séville, Biblioteca Colombina, 7-6-2, and Vatican, Bibliotheca Apostolica, Vat. lat. 2975.

Periodicals

Allard, A. «La Tradition du texte grec des Arithmétiques de Diophante d'Alexandrie.» *Revue d'histoire des textes:* nos. 12-13, 1982-1983.

Alverny. Marie-Thérèse de et F. Hudry. «Al-Kindī: De Radiis.» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen-âge:* vol. 49, 1975.

Beaujouan, G. «Fernand Colomb et l'Europe intellectuelle de son temps.» *Journal des savants:* 1960.

Bibliotheca Mathematica: no. 13, 1912-1913.

Björnbo, A. A. «Über zwei Mathematischen Handschriften aus dem Vierzehnten Jahrhundert.» *Bibliotheca Mathematica:* 3ème série, no. 3, 1902.

Jones, A. «Peripatetic and Euclidean Theories of the Visual Ray.» *Physis:* vol. 31, fasc. 1, 1994.

Knorr, W. R. «Pseudo-Euclidean Reflections in Ancient Optics: A Re-examination of Textual Issues Pertaining to the Euclidean Optica and Catoptrica.» *Physis:* vol. 31, fasc. 1, 1994.

Krause, Max. «Stambuler Handschriften Islamischer Mathematiker.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik:* Bd. 3, no. 4, 1936.

Langermann, Y. Tzvi. «Arabic Writings in Hebrew Manuscripts: A Preliminary Relisting.» *Arabic Sciences and Philosophy:* vol. 6, no.1, March 1996.

Lejeune Albert. «Codex Vaticanus Labinus 2975.» *Bulletin de l'institut historique Belge de Rome:* no. 24, 1947-1948.

——. «Trois manuscrits de l'Optique de Ptolémée descendants du Vaticanus Latinus 2975.» *Scriptorium:* vol. 4, 1950.

Lindberg, D.C. «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision.» *Isis:* vol. 62, no. 24, December 1971.

Lohr, Ch. «Aristotelica Hispalensia.» *Theologie und Philosophie:* no. 50, 1975.

Rashed, Marwan. «Notes sur la tradition greco-arabe des problèmes aristotéliciens.» *Arabic Sciences and Philosophy* (A paraître).

Rashed, Roshdi. «Dioclès et «Dtrûms»: Deux Traités sur les miroirs ardents.» *MIDEO*: no. 23, 1997.

——. «Le Discours de la lumière d'Ibn-al-Haytham (Alhazen).» *Revue d'histoire des sciences:* no. 21, 1968.

——. «Al-Kindi's Commentary on Archimedes: The Measurement of the Circle.» *Arabic Sciences and Philosophy:* vol. 3, no. 1, March 1993.

——. «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 6, no. 4, 1970.

——. «La Tradition arabe du livre des miroirs attribué à Euclide.» *Arabic Sciences and Philosophy* (A paraître).

Sudhoff, K. «Die Kurze 'vita' und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona.» *Archiv für Geschichte der Medizin:* Bd. 8, 1914.

Wiedemann, Eilhard Ernst Gustav. «Aus al-Kindîs Optik.» *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen:* Bd. 39, 1907.

Winter, H. J. and W. Arafat. «A Discourse on the Concave Spherical

Mirror by Ibn al-Haytham.» *Journal of the Royal Asiatic Society of Bengal:* 3ème série (science), vol. 16, no. 1, 1950.

Conferences

Actes du 112ème congrès national des sociétés savantes, Lyon, 1987. Paris: [Ministère de l'éducation nationale, comité des travaux historiques et scientifiques, 1988].

Renaissance and Renewal in the Twelfth Century. Edited by Robert L. Benson and Giles Constable, with Carol D. Lanham. Oxford: Clarendon Press, 1982.

Roemer et la vitesse de la lumière: Table ronde du centre national *de la recherche scientifique, Paris, 16 et 17 juin 1976.* Avant propos de René Taton. Paris: J. Vrin, 1978. (Collection d'histoire des sciences; 3. L'Histoire des sciences: Textes et études)

Tradition, Transmission, Transformation: Proceedings of Two conferences on Pre-modern Science Held at the University of Oklahoma. Edited by F. Jamil Ragep and Sally P. Ragep, with Steven Livesey. Leiden; New York: E. J. Brill, 1996. (Collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences, 0169-7897; no. 37)

Theses

Robert, W. «The Medieval Tradition of Euclid's Optics.» (Ph. D. Thesis, Ann Arbor, Michigan, University of Wisconsin, 1972).

فهرس

ـ ن ـ

ـ هـ ـ

ـ و ـ

ـ ي ـ